

LA GESTION DES EAUX USÉES DANS L'INDUSTRIE DE L'ABATTAGE DE BOVIN, DE PORC ET DE
VOLAILLE AU QUÉBEC

Par
Mari-Ève Lindsay

Essai présenté au Centre universitaire de formation
en environnement et développement durable en vue de l'obtention du grade de maître en environnement
(M. Env.)

Sous la direction de Monsieur Jean Laperrière

MAÎTRISE EN ENVIRONNEMENT
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Février 2018

SOMMAIRE

Mots clés : Abattage animal, rejet d'eaux usées, milieu naturel, réseau d'égout municipal, traitement d'effluent, technologie propre

L'objectif général de cet essai est d'analyser les méthodes de gestion des eaux usées du secteur de l'abattage animal du Québec et de proposer des solutions d'amélioration. La gestion des eaux usées est de plus en plus exigée sur le territoire de la province étant donné que les rejets industriels représentent un poids pour l'environnement et une menace pour la santé publique. Les effluents générés par les abattoirs possèdent des charges organiques élevées, ce qui constitue une menace pour les écosystèmes en plus de représenter un risque microbiologique et toxicologique pour la santé humaine. Leurs gestions sont d'autant plus importantes qu'elles sont complexifiées par la surconsommation d'eau qui est effectuée par ce secteur d'activité. Malgré ces faits, les méthodes de gestion des effluents et les efforts d'amélioration sont peu connus du secteur public et de la population québécoise. C'est dans ce contexte que prend naissance la problématique de cet essai.

L'analyse de la gestion des eaux usées de l'industrie de l'abattage animal mène à quatre constats majeurs sur la situation du Québec. Les types de rejets réalisés, les techniques de traitement des effluents implantées et les technologies propres utilisées par les établissements du Québec ne sont pas inventoriés. Aucune obligation légale n'encadre le processus d'attribution des normes de rejets au secteur agroalimentaire par le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques. Beaucoup de technologies propres existent dans la province, mais leur implantation est peu répandue dans le secteur industriel étant donné que les informations à ce sujet sont faibles. Finalement, aucune forme de partage de connaissances n'est établie au sujet de la gestion des eaux usées dans les abattoirs du Québec.

À l'issue des conclusions de cette étude, cinq recommandations sont proposées. Ces dernières soutiennent l'industrie de l'abattage animal dans son besoin de modernisation et d'innovation en matière de gestion des eaux usées. Le développement de la communication entre les abattoirs du Québec ainsi que l'acquisition et le recueil d'informations sur les installations de traitement des eaux usées et les technologies propres sont à la base des solutions envisagées. L'étude du potentiel économique, social et environnemental de l'implantation de technologies propres couplée à la publication d'un guide pratique est proposée comme outil argumentaire à l'obtention d'un programme de subvention par le Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation. En dernier lieu, la mise en place d'un règlement sur les rejets d'eaux usées pour les abattoirs est envisagée comme solution pour établir des règles spécifiques à suivre en fonction du type de rejet des établissements. En conclusion, il devient primordial pour les abattoirs de réaliser que l'avenir de la gestion des eaux usées réside dans le partage de connaissances et dans la réduction à la source de la consommation d'eau et des charges polluantes.

REMERCIEMENTS

Je désire remercier chaleureusement mon directeur d'essai Jean Laperrière qui a su enrichir mon expérience avec ses connaissances approfondies sur le sujet de la gestion des eaux usées. J'ai grandement apprécié ses conseils avisés qui m'ont guidée tout au long de ma rédaction et qui ont su perfectionner mon éducation. Je suis également très reconnaissante de la disponibilité qu'il m'a démontrée et du support qu'il m'a offert. Nos discussions ont toujours été constructives et stimulantes et j'en suis très heureuse.

Je tiens aussi à exprimer ma gratitude à Geneviève Desroches pour son appui lors de la préparation de cet essai et à Judith Vien pour son encadrement durant sa rédaction. Je suis très reconnaissante de l'aide que vous m'avez apportée au sujet du respect des exigences du Centre universitaire de formation en environnement et développement durable (CUFE).

J'aimerais maintenant remercier grandement Micheline Poirier, chargée de projets en agroalimentaire du Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) à la retraite, pour la générosité dont elle a fait preuve lors de notre entrevue avec mon directeur. Ses réponses à mes questions ont grandement contribué à la rédaction de cet essai. Je lui suis d'ailleurs très reconnaissante de m'avoir mise en relation avec Martin Villeneuve, chargé de projet en agroalimentaire au MDDELCC. Ce dernier m'a offert une aide précieuse qui a été chaudement appréciée.

Merci à Katie Bernard, Officier Vétérinaire Régional à l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), d'avoir pris le temps de m'expliquer clairement le fonctionnement des abattoirs agréés fédéraux. Merci aussi à l'Agence de l'eau Rhin-Meuse qui a grandement contribué à ma recherche bibliographique sur des informations à l'internationale. L'accès à votre base de données a été plus que salulaire.

Je désire également exprimer toute ma gratitude aux 12 établissements d'abattage qui ont accepté de répondre à mes questions et de partager leurs expertises. Malgré la réticence de ce secteur industriel à communiquer ce genre d'information, ces établissements ont démontré une ouverture d'esprit et une volonté de collaboration qui ont été extrêmement appréciées. J'aimerais souligner particulièrement Julie Desroches, Directrice Environnement Corporatif chez Olymel, qui a pris le temps de répondre à mes multiples questions et cela, dans des délais très courts. Son aide a été très précieuse dans ma récolte d'information. Je souligne aussi Bernard Martel, Directeur élevage/R & D à la Ferme des Voltigeurs, et Yvan Pinsonneault, Directeur des opérations et responsable à l'environnement chez F. Ménard inc., qui ont partagé avec enthousiasme leurs expertises sur la gestion des eaux usées dans leurs établissements.

Nombreuses ont été les personnes-ressources qui ont contribué, de près ou de loin, à l'enrichissement de cet essai. Je tiens à vous démontrer ma plus grande gratitude.

Finalement, je souhaite exprimer tous mes remerciements à mes parents, mon amoureux et mes proches qui ont su chacun à leur façon me supporter et me conseiller tout au long de la rédaction de cet essai.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. PORTRAIT DES ABATTOIRS DE BOVIN, DE PORC ET DE VOLAILLE DU QUÉBEC	5
1.1. Cartographie de l'industrie	5
1.2. Loi et règlement	6
1.2.1. Abattoirs sous la juridiction du MAPAQ	7
1.2.2. Abattoirs sous la juridiction de l'ACIA	9
2. DESCRIPTION DES PROCÉDÉS D'ABATTAGE	10
2.1. Abattoirs de bovins	10
2.1.1. Réception et parc d'attente	11
2.1.2. Abattage	11
2.1.3. Saignée	11
2.1.4. Dépouillement	12
2.1.5. Éviscération	12
2.1.6. Lavage des carcasses	12
2.1.7. Refroidissement	12
2.2. Abattoirs de porcs	13
2.2.1. Réception et parc d'attente	14
2.2.2. Abattage	14
2.2.3. Saignée	14
2.2.4. Échaudage	14
2.2.5. Enlèvement des soies	15
2.2.6. Éviscération	15
2.2.7. Lavage des carcasses	16
2.2.8. Refroidissement	16
2.3. Abattoirs de volailles	16
2.3.1. Réception	17
2.3.2. Abattage	18
2.3.3. Saignée	18
2.3.4. Échaudage	18
2.3.5. Plumaison	18
2.3.6. Éviscération	19
2.3.7. Lavage	20
2.3.8. Refroidissement	20
3. DESCRIPTION DES REJETS D'EAUX USÉES	23
3.1. Quantité	23

3.1.1. Demande biochimique en oxygène (DBO).....	24
3.1.2. Demande chimique en oxygène (DCO).....	24
3.1.3. Matières en suspension (MES).....	25
3.1.4. Huiles et graisses totales (H&G _{tot}).....	25
3.1.5. Azote total Kjeldahl (NtK).....	25
3.1.6. Phosphore total (P _{tot}).....	26
3.2. Qualité.....	27
4. TECHNIQUES DE GESTION DES REJETS LIQUIDES AU QUÉBEC.....	30
4.1. Loi et règlement.....	30
4.1.1. Rejet dans l'égout municipal.....	30
4.1.2. Rejet dans le milieu naturel.....	31
4.2. Technologies de traitement.....	33
4.2.1. Prétraitement.....	33
4.2.2. Traitement primaire.....	35
4.2.3. Traitement secondaire.....	39
4.2.4. Traitement tertiaire.....	43
4.2.5. Traitement des boues.....	44
4.3. Situation du Québec.....	46
5. TECHNOLOGIES PROPRES AU QUÉBEC.....	48
5.1. Réduction de la consommation d'eau.....	48
5.1.1. Programme de gestion de l'eau.....	48
5.1.2. Réutilisation de l'eau.....	49
5.1.3. Refroidissement à l'air froid ou au gaz carbonique.....	50
5.1.4. Modification de l'étape d'échaudage.....	51
5.1.5. Transport des viscères de volaille à sec.....	51
5.1.6. Recyclage des eaux.....	52
5.2. Réduction des charges polluantes.....	54
5.2.1. Programme de gestion de l'eau.....	54
5.2.2. Méthode de maintien de l'hygiène.....	55
5.2.3. Amélioration de la récupération du sang.....	55
5.3. Situation au Québec.....	56
6. MÉTHODES DE GESTION DES EAUX USÉES À L'INTERNATIONALE.....	57
6.1. Techniques de gestion des rejets liquides.....	57
6.1.1. Filtre biologique sur lit mobile (MBTF).....	57
6.1.2. Digesteur anaérobie à flux ascendant.....	58
6.1.3. Dénitrification par traitement tertiaire.....	60

6.2. Technologies propres.....	60
6.2.1. Optimisation du nettoyage à sec des équipements et des installations	60
6.2.2. Perfectionnement de l'étape d'enlèvement des soies chez le porc ou de la plumaison chez la volaille.....	61
6.2.3. Transport des plumes de volaille à sec	61
6.2.4. Modification de l'étape d'éviscération	62
6.3. Amélioration continue.....	62
7. RECOMMANDATIONS.....	64
7.1. Créer un pôle de communication à travers les abattoirs	64
7.2. Réaliser un répertoire informatisé des installations de traitement des eaux usées et des technologies propres utilisées dans les abattoirs du Québec	65
7.3. Effectuer une évaluation économique, sociale et environnementale reliée à l'implantation de technologies propres dans l'industrie de l'abattage animal au Québec	66
7.4. Publier un guide pratique sur l'implantation de technologies propres dans les abattoirs	69
7.5. Mettre en place un règlement sur les rejets d'eaux usées pour les abattoirs.....	70
CONCLUSION.....	72
RÉFÉRENCES	75
BIBLIOGRAPHIE	83
ANNEXE 1 – LISTE DES RESSOURCES PRIMAIRES CONSULTÉES ET UTILISÉES EN RÉFÉRENCE DANS LE CADRE DE CET ESSAI.....	84
ANNEXE 2 – LISTE DES RESSOURCES PRIMAIRES QUI ONT ÉTÉ CONSULTÉES LORS DES RECHERCHES DE CET ESSAI	86

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.1	Nombre d'abattoirs par région administrative du Québec.....	5
Figure 1.2	Pourcentage de permis d'abattoir délivré en fonction de l'espèce.....	6
Figure 2.1	Illustration du procédé d'abattage du bovin.....	10
Figure 2.2	Illustration du procédé d'abattage du porc.....	13
Figure 2.3	Illustration du procédé d'abattage de la volaille.....	17
Figure 3.1	Cycle de l'azote dans le sol d'une zone humide.....	26
Figure 4.1	Tambour et tamis rotatif à alimentation intérieure.....	34
Figure 4.2	Tambour et tamis rotatif à alimentation extérieure.....	34
Figure 4.3	Tamis tangentiel.....	35
Figure 4.4	Intercepteur de graisse statique.....	36
Figure 4.5	Décanteur mécanisé.....	36
Figure 4.6	Schéma explicatif d'une unité de flottation.....	37
Figure 4.7	Schéma explicatif d'un réacteur biologique conventionnel.....	39
Figure 4.8	Réacteur biologique séquentiel.....	40
Figure 4.9	Réacteur biologique à boucle externe.....	41
Figure 4.10	Réacteur biologique à membrane immergée.....	41
Figure 4.11	Réacteur biologique à lit mobile	42
Figure 4.12	Biofor aéré.....	43
Figure 4.13	Réacteur biologique à biodisque.....	43
Figure 4.14	Déshydratation des boues par centrifugation avec ajout de chaux et de polymère.....	45
Figure 5.1	Salle de refroidissement de la volaille à l'air ou au gaz carbonique.....	50
Figure 5.2	Tunnel d'échaudage vertical.....	51
Figure 5.3	Système de transport des viscères par aspiration.....	52
Figure 5.4	Schéma simplifié du système de réutilisation des eaux usées traitées à l'abattoir de Saint-Esprit.....	53
Figure 6.1	Schéma d'un filtre biologique sur lit mobile.....	58
Figure 6.2	Digesteur anaérobie à flux ascendant.....	59
Figure 6.3	Aspirateur industriel triphasé (poussière, liquide et solide).....	61

Tableau 1.1	Types d'abattage animal en fonction des catégories de permis délivrés aux établissements sous inspection permanente	7
Tableau 2.1	Destination prévue et opérations d'abattage réalisées pour les sous-produits comestibles du bovin.....	13
Tableau 2.2	Destination prévue et opérations d'abattage réalisées pour les sous-produits comestibles du porc.....	16
Tableau 2.3	Destination prévue et opérations d'abattage réalisées pour les sous-produits comestibles de la volaille.....	22
Tableau 3.1	Charges brutes à l'effluent en kg/tonne métrique de carcasses (TEC).....	23
Tableau 3.2	Rapport d'oxydabilité moyen des effluents en kg/tonne métrique de carcasses (TEC).....	24
Tableau 4.1	Normes de rejet établi par le <i>Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées (ROMAEU)</i>	30
Tableau 4.2	Classes d'établissements industriels.....	32
Tableau 4.3	Présentation des produits chimiques utilisés pour réaliser la coagulation et la floculation.....	38
Tableau 7.1	Coûts comparatifs de l'insertion du transport des viscères à sec à l'abattoir de Saint-Félix-de-Valois.....	67

LISTE DES ACRONYMES, DES SYMBOLES ET DES SIGLES

ACIA	Agence canadienne d'inspection des aliments
BEI ERE	Bureau d'Études Industrielle Énergie Renouvelables et Environnement
CEAEQ	Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
CEE-ONU	Commission économique pour l'Europe des Nations unies
CCME	Conseil canadien des ministres de l'Environnement
CCP	Conseil canadien du porc
CMA	Chambre de Métiers et de l'Artisanat
CMM	Communauté métropolitaine de Montréal
CNIDEP	Centre National d'Innovation pour le Développement durable et l'Environnement dans les Petites entreprises
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CNSAE	Conseil national pour les soins aux animaux d'élevage
DAF	Flottation à air dissous
DBO ₅	Demande biochimique en oxygène après 5 jours
DCO	Demande chimique en oxygène
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
H&G _{tot}	Huiles et graisses totales
Ifremer	Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
INRA	Institut national de la recherche agronomique
INSPQ	Centre d'expertise et de référence en santé publique
Irstea	Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture
LQE	<i>Loi sur la qualité de l'environnement</i>
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MBBR	Réacteur biologique à média en suspension
MBR	Réacteur biologique membranaire
MBTF	Filtre biologique à lit mobile
MES	Matières en suspension
MESI	Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MRNF	Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
MSSS	Ministère de la Santé et Services sociaux du Québec
NtK	Azote total Kjeldahl
OER	Objectifs environnementaux de rejet
OMS	Organisation mondiale de la Santé

PAEQ	Programme d'assainissement des eaux du Québec
P _{tot}	Phosphore total
RBS	Réacteur biologique séquentiel
RAQIE	Regroupement des Abattoirs du Québec pour l'Innovation Environnementale
ROMAEU	<i>Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées</i>
SEC	Substances extractibles au chloroforme
TEC	Tonnes métriques en équivalents de carcasses

LEXIQUE

Aérobie	Qualifie un organisme qui utilise du dioxygène, un milieu oxygéné ou encore un processus cellulaire s'effectuant en présence de dioxygène. (Campbell et Reece, 2007)
Anaérobie	Qualifie un organisme qui n'utilise pas de dioxygène, un milieu privé de dioxygène ou encore un processus cellulaire s'effectuant en l'absence de dioxygène. (Campbell et Reece, 2007)
Ante mortem	Avant l'abattage (Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec [MAPAQ], 2016b)
Bouvillon	Jeune bovin castré, depuis son sevrage jusqu'à ce qu'il perde sa première incisive de lait. (<i>Larousse : dictionnaire encyclopédique</i> , 2017)
Caniveau	Rigole servant à l'écoulement des eaux. (<i>Larousse : dictionnaire encyclopédique</i> , 2017)
Colique	Douleur spasmodique liée à la distension du tube digestif, des canaux glandulaires ou des voies urinaires. (<i>Larousse : dictionnaire encyclopédique</i> , 2017)
Colloïde	Mélange composé d'un liquide et de particules qui, en raison de leur grande taille, demeurent suspendues dans ce liquide. (Campbell et Reece, 2007)
Conduction	Phénomène de transfert d'énergie par la vibration entre les atomes de deux corps à température différente et qui tendent vers une température identique. (Geffroy et Cantin, 2005)
Effluent	Terme générique désignant une eau résiduaire urbaine ou industrielle, et plus généralement tout rejet liquide véhiculant une certaine charge polluante (dissoute, colloïdale ou particulaire). (Recyconsult, 2010)
Équarrissage	Traitement des cadavres d'animaux non utilisés en boucherie pour en tirer la peau, les os, les graisses, etc. (Les équarrissages traitent les matières premières pour les transformer en aliments du bétail, en engrais et en graisses industrielles pour la savonnerie.). (<i>Larousse : dictionnaire encyclopédique</i> , 2017)

Eutrophisation	Enrichissement des eaux par des nutriments nécessaires à la croissance végétale; réfère généralement à l'enrichissement excessif suite à l'égouttage et au lessivage des terres agricoles amendées résultant en une augmentation de l'activité microbienne et une diminution de la disponibilité de l'oxygène. (Ricklefs et Miller, 2005)
Hypertrophie	Accroissement anormal du tissu d'un organe. (<i>Mini Larousse : dictionnaire encyclopédique</i> , 2008)
Pathogène	Qualifie ce qui provoque une maladie, en particulier un germe capable de déterminer une infection. (<i>Larousse : dictionnaire encyclopédique</i> , 2017)
Post mortem	Après l'abattage (MAPAQ, 2016b)
Siccité	Quantité de solide restant après un chauffage à 110 °C pendant deux heures. Elle s'exprime généralement en pourcentage pondéral. À l'inverse, on parlera de Taux d'humidité. (Recyconsult, 2010)
Taure	Autre nom de la génisse. Signifie une femelle de l'espèce bovine qui n'a pas encore mis bas. (<i>Larousse : dictionnaire encyclopédique</i> , 2017)
Trocart	Instrument doté d'une canule (tube) permettant la saignée. (Meyer, 2017)
Turbidité	Caractère d'une eau dont la transparence est limitée par la présence de matières solides en suspension. Plus elle est élevée et moins la photosynthèse pourra avoir lieu. C'est le poids de matière particulaire par unité de volume d'eau. (Recyconsult, 2010)

INTRODUCTION

Le Québec produit approximativement un total de 890 900 tonnes métriques en équivalents de carcasses (TEC) de viande provenant de bovin et de porc par année (Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec [MAPAQ], 2016a; MAPAQ, 2015a). Il abat également une quantité moyenne de 180 000 000 de poulets par année (J. Laperrière, Cours ENV 788, 7 février 2017, voir annexe 1). Toute cette production est répartie à travers la province du Québec qui compte un total de 84 abattoirs, toutes espèces confondues (MAPAQ, 2017a; Agence canadienne d'inspection des aliments [ACIA], 2016). Les établissements d'abattage présents sur le territoire du Québec sont gérés par le MAPAQ à l'exception des 32 abattoirs agréés fédéraux (ACIA, 2016). Ces derniers réalisent du commerce international ainsi qu'interprovincial, ils sont donc gérés par l'ACIA (D. Brochu, conversation téléphonique, 29 août 2017, voir annexe 1). Toutefois, les différents rejets provenant de l'ensemble de ces établissements sont gérés communément par le Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) et par Environnement et Changement climatique Canada (M.-A. Desjardins, conversation téléphonique, 25 août 2017, voir annexe 1). Parmi ceux-ci figurent les eaux usées dont deux types de rejets sont observables. Le premier correspond au rejet des effluents dans le milieu naturel et le second au rejet des effluents dans le réseau d'égout municipal.

L'industrie de l'abattage animale est reconnue pour les impacts environnementaux qu'elle entraîne en raison de ses rejets d'eaux usées fortement chargées en matières organiques, tels que la déstabilisation des écosystèmes et le risque microbiologique ainsi que toxicologique (Peiffer, 2002). Il est estimé que ce secteur rejette, à lui seul, la même charge organique qu'une population de 300 000 personnes (MDDELCC, 1988). Un rejet de la sorte dans le milieu naturel est menaçant pour la santé publique. Il a le potentiel de déstabiliser le cycle de l'azote de l'écosystème en plus d'entraîner une eutrophisation, ce qui donnerait lieu à une prédominance de nitrite et à la libération de toxines par les cyanobactéries (Pajon, 2011; Peiffer, 2002). De plus, l'ensemble des microorganismes (bactéries, virus et parasites) qui peuvent se retrouver dans les rejets d'eaux usées sont nocifs pour la santé humaine, telle que *Staphylococcus spp.*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi* et *Giardia lamblia* (Saizonou, Yehouenou, Bankolé, Jossé et Soclo, 2010; El Ouali Lalami, Zanibou, Bekhti, Zerrouq et Merzouki, 2014). La surconsommation de l'eau de ce secteur d'activité est également un enjeu majeur (Peiffer, 2002). En effet, celui-ci consomme en moyenne 5,4 mètres cubes (m³) d'eau par tonne de production en ce qui a trait à l'abattage du porc et du bovin (MDDELCC, 2011). Ce faisant, c'est environ 4 810 860 m³, soit 4,8 gigalitres (GL) d'eau qui est utilisée par année pour ces espèces (MAPAQ, 2016a; MAPAQ, 2015a). S'additionnent à cela 10 000 litres (L) d'eau par tonne de poids vif de volaille (J. Laperrière, échange de courriel, 16 août 2016, voir annexe 1), ce qui correspond à 3,4 GL d'eau utilisés par année seulement pour l'abattage de cette espèce. Ainsi, c'est un total de 8,2 GL d'eau qui sont consommés et puis rejetés chaque année par le secteur de l'abattage au Québec. Pour avoir une idée de grandeur, ce montant représente quatre fois et demie le bassin de plongée sous-marine de 15 mètres (m) de profondeur du stade olympique de Montréal.

Afin de réduire les impacts sur l'environnement, plusieurs mesures ont été mises en place par le MDDELCC à travers les années. Depuis 1970, le gouvernement oblige ou incite les industries du Québec à assainir leurs eaux usées par le biais de diverses obligations légales et à l'aide de programme d'interventions spécifiques. Mais c'est surtout en 1972, avec l'article 22 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE) que les obligations deviennent importantes. En effet, conformément à cet article, le MDDELCC impose l'obtention d'un certificat d'autorisation à quiconque qui réalise des activités susceptibles de perturber ou altérer l'environnement. Ce faisant, il fixe, entre autres, des normes de rejet à tout entreprise, industrie, organisme et autre qui doit gérer des eaux usées, dont les abattoirs et les municipalités. Dès lors, certaines municipalités commencent à mettre en place un règlement et des normes de rejet sur leurs territoires afin de contrôler les effluents des abattoirs qui déversent directement dans leur réseau. Ensuite, entre 1978 et 1990, le Programme d'assainissement des eaux du Québec (PAEQ) contribue à contraindre les rejets dans le milieu naturel. Celui-ci donne lieu à des interventions dans les établissements municipaux et industriels existants qui génèrent des rejets problématiques et qui ne font pas partie du secteur réglementé ni du secteur minier. Par exemple, il impose l'aménagement d'un système d'assainissement de l'eau à quiconque déverse dans l'environnement des rejets problématiques et incite l'adoption d'un règlement visant à contrôler les rejets non domestiques dans les réseaux d'égout municipaux. Par le fait même, pour appuyer les démarches, il subventionne 87 % des travaux réalisés. Puis, en 2013, le MDDELCC adopte le Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées dans le but de poursuivre et concrétiser les efforts du PAEQ. Celui-ci va de pair avec la Stratégie pancanadienne sur la gestion des effluents d'eaux usées municipales du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME). (MDDELCC, 1995; MDDELCC, s. d.; Le Vérificateur Général du Québec, 1996)

Sachant qu'il peut être laborieux pour les abattoirs et les municipalités de suivre, de comprendre et de réagir relativement aux lois et règlements, quelques outils sont mis à leur disposition par le MDDELCC. En effet, les abattoirs qui rejettent dans le milieu naturel disposent des Lignes directrices applicables à l'industrie agroalimentaire hors réseau (MDDELCC, 2011). Puis, en ce qui a trait aux abattoirs qui déversent dans le réseau d'égout municipal, quelques outils s'offrent aux municipalités, comme le Modèle de règlement relatif aux rejets dans les réseaux d'égout des municipalités du Québec (MDDELCC, 2015).

L'objectif général de cet essai est d'analyser les méthodes de gestion des eaux usées du secteur de l'abattage animal du Québec et de proposer des solutions d'amélioration. Ce faisant, celui-ci vise à comprendre le fonctionnement actuel, à découvrir des idées en provenance de l'international et à établir des mesures permettant d'augmenter l'efficacité de la gestion des eaux usées. Pour ce faire, quatre objectifs spécifiques ont été déterminés.

Un premier objectif spécifique consistera à établir un portrait de l'abattage animal au Québec, à décrire les opérations effectuées à l'usine et à présenter les impacts des rejets d'eaux usées sur l'environnement. Un deuxième objectif spécifique servira à effectuer un constat de ce qui est fait actuellement au Québec

comme traitements des eaux usées et comme technologies propres en considérant le type de rejet soit dans l'environnement ou dans le réseau d'égout municipal. Un troisième objectif spécifique visera à accomplir une récolte d'information afin de réunir les technologies propres et les traitements d'eaux usées qui représentent un potentiel intéressant pour le Québec. Par conséquent, il sera question d'effectuer une recherche primaire et secondaire afin de réunir les technologies propres ainsi que les traitements d'eaux usées utilisées dans d'autres pays et qui pourraient être transposables au Québec pour le traitement à l'usine et pour le traitement conjoint avec la municipalité. Finalement, le quatrième et dernier objectif spécifique permettra d'émettre des recommandations dans le but ultime d'améliorer la gestion des eaux usées dans les abattoirs du Québec.

Afin de fournir des recommandations hautes en crédibilité, une priorité est accordée aux ressources primaires (personnes-ressources) et secondaires (sources bibliographiques) provenant d'abattoirs, de gouvernements, d'universités et d'organismes nationaux et internationaux. Aucune source ne pouvant être validée n'est consultée. Considérant que plusieurs informations spécifiques et crédibles en lien avec le sujet sont âgées de 18 à 29 ans, une limite d'année de publication des sources secondaires prises en compte dans la rédaction de cet essai est fixée à 1995 et plus, à l'exception des faits historiques. Cette année limite est sélectionnée en se basant sur le Bilan de 25 ans d'assainissement des eaux usées industrielles au Québec (MDDELCC, 1995). Ce document constitue, encore aujourd'hui, un outil d'intérêt pour le ministère en ce qui a trait aux rejets d'eau et à l'état de la situation environnementale dans les secteurs industriels. Aussi, les ressources primaires consultées sont sélectionnées selon leurs expertises et leurs implications dans le domaine de la gestion des eaux usées et de la gestion des établissements d'abattage. Sachant que plusieurs informations en lien avec le sujet de cet essai ne sont pas documentées, plusieurs professionnels du domaine sont consultés et sont présentés à l'annexe 1. Quoi qu'il en soit, toutes les ressources utilisées dans cet essai sont évaluées en fonction de la fiabilité de l'auteur, de l'objectivité du texte et de la validité des faits avancés.

Le présent essai se divise en sept chapitres. Le premier fait état du nombre d'abattoirs présents au Québec par région administrative, des différentes espèces abattues et de la quantité de viande bovine, porcine et de volaille produite. Il explique également les lois et règlements qui régissent cette activité à travers la province. Le deuxième chapitre détaille les différents procédés d'abattage existant en fonction des trois espèces à l'étude; le bovin, le porc et la volaille. Le troisième chapitre décrit ensuite les polluants qui composent les rejets d'eaux usées des abattoirs. Les quantités retrouvées et les différents impacts que chaque élément peut avoir sur l'environnement sont aussi abordés.

Le quatrième chapitre, pour sa part, réunit l'information sur les techniques de gestion des eaux usées dans les abattoirs du Québec. Il est d'abord question des lois et règlements spécifiques à la gestion des eaux usées en ce qui a trait aux rejets dans le milieu naturel, puis aux rejets dans le réseau d'égout municipal. Par la suite, chaque technologie de traitement utilisée au Québec est définie et son fonctionnement est présenté. Un état de la situation au Québec est également effectué en dernier lieu. Le

cinquième chapitre aborde ensuite les différentes technologies propres existantes au Québec. Chacune d'elle est accompagnée d'une description de son fonctionnement et d'une discussion sur son efficacité à ce jour. Le chapitre s'achève avec une explication de la situation du Québec face aux technologies propres dans les abattoirs.

Le sixième chapitre discute ensuite des méthodes de gestion des eaux usées à l'internationale. Ainsi, une recherche bibliographique et une récolte d'information auprès de ressources primaires sont d'abord effectuées. Subséquemment, les différentes technologies propres et les techniques de traitement des eaux usées répertoriées sont présentées en détail lorsque celles-ci sont intéressantes et adaptables à la réalité climatique du Québec.

Finalement, au regard des six chapitres précédents, le septième chapitre énonce cinq recommandations visant à soutenir l'industrie de l'abattage animal dans son besoin de modernisation et d'innovation en matière de gestion des eaux usées. Premièrement, le développement d'une méthode de communication à travers les abattoirs est suggéré et deuxièmement un répertoire d'information sur les installations est conseillé. Troisièmement, la réalisation d'une étude sur le potentiel économique, social et environnemental de l'implantation de technologies propres est proposée. Quatrièmement, la publication d'un guide pratique sur l'implantation de technologies propres est recommandée et cinquièmement la mise en place d'un règlement sur les rejets d'eaux usées pour les abattoirs est suggérée.

1. PORTRAIT DES ABATTOIRS DE BOVIN, DE PORC ET DE VOLAILLE DU QUÉBEC

Le présent chapitre vise à établir la situation globale de l'industrie de l'abattage animal au Québec. Ainsi, il présente le nombre d'abattoirs répartis à travers la province, fait état des permis délivrés et détaille les lois et règlements qui régissent cette activité, ainsi que les exigences qui en découlent.

1.1. Cartographie de l'industrie

Le Québec compte un total de 84 abattoirs qui sont répartis à travers la province. Comme il est possible d'observer à la figure 1.1, la Montérégie est la région administrative qui regroupe le plus d'abattoirs, suivi de la Chaudière-Appalaches, de l'Estrie et du Centre-du-Québec.

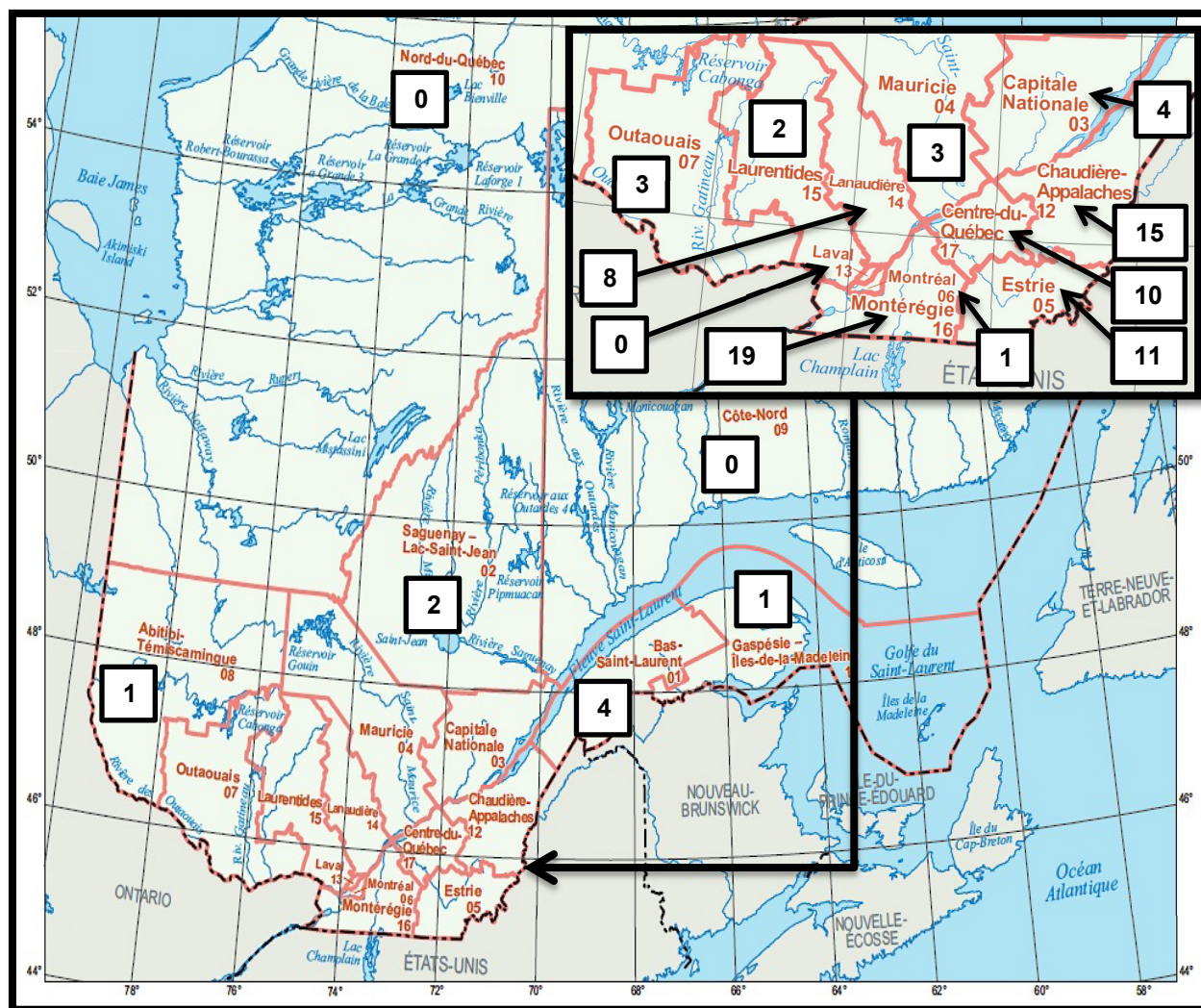


Figure 1.1 Nombre d'abattoirs par région administrative du Québec (compilation d'après : Ministère des Ressources naturelles et de la Faune [MRNF], 2006; MAPAQ, 2015 b et ACIA, 2016)

Les animaux abattus sur le territoire de la province sont de l'espèce : bovine, chevaline, porcine, caprine, ovine, cervidé, bison, lapin et volaille (poule, dinde, canard, pintade, perdrix, faisan, oie, autruche,

nandous, émeus ainsi que caille) (MAPAQ, 2015b; ACIA, 2016; Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs [MDDEP], 1999). Les permis délivrés par le MAPAQ et l'ACIA donnent des droits d'abattage spécifiques à une ou plusieurs espèces. Ce faisant, un abattoir peut avoir un permis pour abattre seulement du porc, tout comme un autre peut recevoir un permis pour abattre trois espèces différentes, telles que le bovin, le cheval et le cerf.

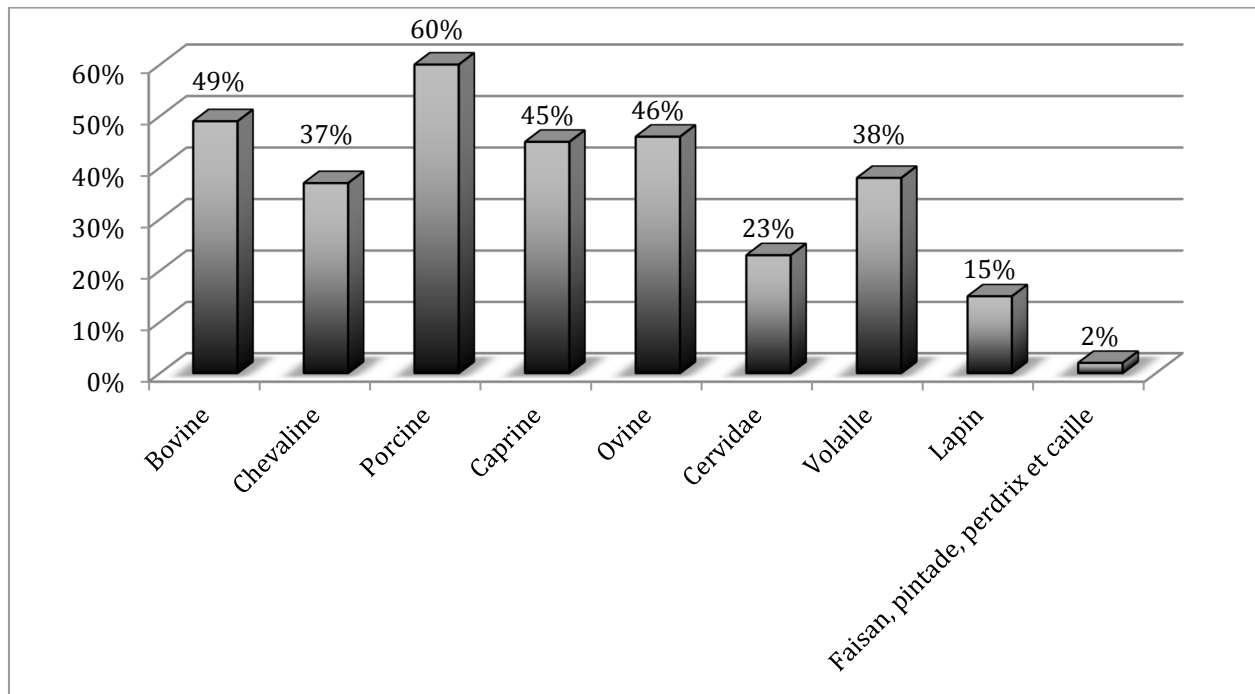


Figure 1.2 Pourcentage de permis d'abattoir délivré en fonction de l'espèce (inspiré de : MAPAQ, 2015 b et ACIA, 2016)

La figure 1.2 permet de noter le pourcentage de permis qui ont été délivrés en fonction de l'espèce. Ainsi, il est possible d'observer que 60 % des permis délivrés permettent l'abattage de porc au Québec, ce qui veut dire que 40 % de ceux-ci ne permettent pas son abattage. Cette espèce correspond au produit bioalimentaire le plus exporté par la province (Les Éleveurs de porcs du Québec, 2017). En 2015, le Québec abattait 8 354 240 porcs pour une production de viande de 848 000 TEC (MAPAQ, 2016a). En ce qui a trait au bovin, 49 % des permis délivrés en permettent l'abattage avec un total de 42 900 TEC de viande produite par année en 2014 (MAPAQ, 2015a). Finalement, 38 % des permis octroyés donnent lieu à l'abattage de volaille avec 332 814 tonnes de viandes produites par année en 2014 (MAPAQ, 2011).

1.2. Loi et règlement

Au Québec, les abattoirs qui réalisent du commerce à l'intérieur de la province sont de la juridiction du MAPAQ alors que ceux qui effectuent du commerce international et interprovincial relèvent de l'ACIA (D. Brochu, conversation téléphonique, 29 août 2017, voir annexe 1). Ce faisant, les lois et règlements ainsi que les exigences diffèrent selon l'instance gouvernementale.

1.2.1. Abattoirs sous la juridiction du MAPAQ

Le MAPAQ octroie trois types de permis aux abattoirs, soit le permis d'abattoir sous inspection permanente, le permis d'abattoir de proximité et le permis d'abattoir transitoire. Chacun d'eux est renouvelable annuellement, mais la méthode de gestion de ceux-ci diffère légèrement étant donné qu'ils n'ont pas les mêmes droits et obligations. Présentement, 52 permis sont délivrés par le MAPAQ (MAPAQ, 2017a).

Le permis d'abattoir sous inspection permanente donne à l'exploitant qui l'obtient l'autorisation d'effectuer l'abattage d'animaux dans ses établissements à des fins de vente en gros de viandes. Ces derniers sont octroyés sous différentes catégories et selon le type d'abattage qui est réalisé. L'abattoir qui obtient un permis pour l'une des catégories présentées au tableau 1.1, à l'exception de la catégorie A-4, est sous inspection permanente, c'est-à-dire qu'un inspecteur du MAPAQ et un vétérinaire sont toujours présents sur les lieux. (MAPAQ, 2017b; D. Brochu, conversation téléphonique, 29 août 2017, voir annexe 1)

Tableau 1.1 Types d'abattage animal en fonction des catégories de permis délivrés aux établissements sous inspection permanente (tiré de : MAPAQ, 2017b)

Catégories	Types d'abattage
A-1	Espèces bovines, chevalines, porcines, caprines, ovines et cervidés
A-1B	Espèces bovines, chevalines et cervidés
A-1P	Espèce porcine et cervidés
A-3	Lapins et volailles
A-4 ⁽¹⁾	Faisans, pintades, perdrix et cailles

⁽¹⁾ Sans inspection permanente et aucune estampille.

L'inspecteur doit veiller au respect de l'ensemble des lois et règlements mis en place, dont la Loi sur les produits alimentaires et le Règlement sur les aliments. Ainsi, il s'assure que toutes les normes et règles d'hygiène soient respectées par l'exploitant, qui se doit d'effectuer de bonnes pratiques industrielles en plus d'exercer tous les contrôles nécessaires à l'innocuité et à la salubrité de ses produits. Le rôle premier de l'inspecteur est d'effectuer, à l'aide du vétérinaire, une surveillance ante mortem et post mortem. Dans un premier temps, il s'assure de la santé des animaux avant l'abattage puis dans un second temps, il veille à la conformité des différentes parties après l'abattage. En cas de doute, l'inspecteur peut réaliser des prélèvements et des analyses de laboratoires afin de compléter son inspection. L'ensemble de ces procédures mène à l'apposition d'une estampille « Approuvé Québec ». Cette dernière permet d'identifier la viande à travers le réseau de distribution et d'ainsi assurer une surveillance de sa commercialisation. (MAPAQ, 2016b)

L'établissement qui obtient un permis d'abattoir de proximité et celui qui obtient un permis d'abattoir transitoire sont, au même titre que l'abattoir sous inspection permanente, soumis à la Loi sur les produits alimentaires et au Règlement sur les aliments. Ils ne sont toutefois pas soumis à une inspection

permanente, ce qui fait qu'ils ne reçoivent pas l'estampille « Approuvé Québec ». Cela veut donc dire que l'exploitant peut réaliser ses activités sans la présence d'un inspecteur du MAPAQ sur les lieux (D. Brochu, conversation téléphonique, 29 août 2017, voir annexe 1). Cependant, l'abattoir doit quand même être soumis à une vérification des animaux et du procédé d'abattage par un inspecteur du MAPAQ, supervisé par un vétérinaire. Celle-ci est réalisée sur une fréquence prédéterminée en fonction du volume d'abattage, des espèces abattues et des bonnes pratiques d'abattage mis en place. L'inspecteur et le vétérinaire du MAPAQ se présentent donc sur les lieux, et cela sans préavis, afin d'effectuer la même ronde de surveillance que dans un abattoir sous inspection permanente. Leur rôle principal est de s'assurer de la conformité sanitaire avant et après l'abattage des animaux. Ce faisant, en cas de problème, l'inspecteur peut interdire l'exploitation de l'abattoir et, si nécessaire, saisir ou confisquer des animaux ou des produits de viandes. Il peut, par le fait même, exiger leur élimination. Finalement, certaines règles spécifiques s'appliquent à leurs activités. Par exemple, lors de l'absence de l'inspecteur et du vétérinaire, l'exploitant ne peut pas abattre, à des fins de consommation humaine, un animal qui présente de la difficulté à se lever, à se mouvoir ou qui a un comportement ou une apparence anormale. (MAPAQ, 2009)

Les abattoirs de proximité et transitoires ont les mêmes droits d'exploitation et les mêmes limitations. Ces derniers peuvent réaliser l'abattage d'animaux dans le but de fournir en viande leurs propres ateliers de préparation (boucherie) à des fins de vente au détail. Ce faisant, ils n'ont pas besoin de détenir un permis supplémentaire pour vendre ou livrer leurs produits de viande aux consommateurs. Ils ont également le droit d'y préparer et d'y vendre des viandes d'animaux qui proviennent d'un abattoir provincial de catégorie A ou d'un abattoir agréé fédéral. De plus, ils peuvent réaliser l'abattage à forfait d'animaux provenant d'un consommateur qui désire en récupérer les viandes. Ils peuvent aussi effectuer la préparation des viandes de gibiers sauvages pour un consommateur. Les frais applicables dans ces cas sont le service d'abattage ou de préparation des viandes. Or, les établissements qui obtiennent ce genre de permis ont également des activités proscrites. Tout d'abord, il est interdit d'effectuer de la vente en gros de viandes, c'est-à-dire de vendre ses produits à des acheteurs qui veulent en faire la revente comme un restaurant, une épicerie, etc. Par le fait même, les abattoirs de proximité ou transitoires ne peuvent pas devenir le fournisseur d'un distributeur automatique de viande. De plus, ces permis ne permettent pas la vente de leurs produits dans des espaces publics, tels que dans un kiosque aux abords d'une route ou par le biais de portes à porte. Finalement, ces établissements sont restreints à entreposer leurs produits de viandes dans leurs propres abattoirs ou dans leur propre boucherie. Par exemple, ils ne peuvent pas entreposer leurs viandes dans un espace public ou dans un autre commerce, même si celui-ci leur appartient. Certaines autorisations peuvent toutefois être délivrées par le MAPAQ, mais cette demande doit être faite auprès du ministère avant l'entreposage. (MAPAQ, 2009)

Les établissements qui obtiennent un permis d'abattoir transitoire se distinguent des abattoirs de proximité. Ces derniers ont, à un moment ou à un autre entre le 14 juin 1977 et le 12 mars 2009, exploité

un abattoir sans permis. Ainsi, trois situations peuvent s'observer chez un détenteur de ce permis : l'exploitant possède une exemption de permis accordée en 1977; le détenteur de permis a perdu son exemption, mais exploite un établissement qui réalisait son activité entre le 14 juin 1977 et le 12 mars 2009 et pour finir; l'exploitant n'a jamais eu d'exemption, mais opérait son abattoir entre le 14 juin 1977 et le 12 mars 2009. Ce type de permis correspond donc à une exception et l'établissement qui l'obtient peut se voir imposer des limitations particulières. Par exemple, il peut se faire restreindre dans son volume d'abattage ou dans le choix des espèces qu'il peut abattre. Il est cependant exempt de certaines exigences. Par exemple, lors de sa première année, aucune obligation ne lui est imposée en rapport aux locaux et aux équipements requis dans le cheminement des opérations et dans la plumaison de la volaille. Or, l'abattoir qui le détient ne peut renouveler son permis qu'à deux reprises. Il devra, par la suite, effectuer une demande de permis d'abattoir de proximité et se conformer aux exigences de ce dernier. (MAPAQ, 2009)

1.2.2. Abattoirs sous la juridiction de l'ACIA

Présentement, 32 permis sont délivrés par l'ACIA (ACIA, 2016). Au même titre que les abattoirs gérés par le MAPAQ, ceux sous la juridiction de l'ACIA ont également des obligations à remplir. De prime abord, deux demandes d'agrément fédéral doivent être effectuées par le demandeur. Dans un premier temps, la personne morale doit demander un agrément d'exploitant pour lui permettre d'opérer un abattoir. Puis, dans un second temps, une demande d'agrément pour l'établissement doit être présentée afin de permettre à l'exploitant d'utiliser cet établissement à des fins d'abattage. L'agrément de l'exploitant doit être renouvelé chaque année alors que celui pour l'établissement est toujours valide à moins de non-conformité. Ces derniers sont délivrés seulement lorsque les exigences de la Loi sur l'inspection des viandes et du Règlement de 1990 sur l'inspection des viandes sont respectées. De cette loi et ce règlement découlent plusieurs normes qui s'appliquent à l'aménagement de l'établissement, à la salubrité des lieux ainsi qu'à d'autres éléments qui visent directement l'exploitant et ses méthodes de gestion de l'abattoir. L'ACIA a d'ailleurs émis un Manuel des méthodes de l'hygiène des viandes, servant d'ouvrage de référence principalement pour les inspecteurs de l'ACIA, mais également pour toutes les personnes intéressées au Programme canadien d'hygiène des viandes.

Tout comme certains abattoirs du MAPAQ, les abattoirs agréés fédéraux sont soumis à une inspection permanente, c'est-à-dire qu'un inspecteur de l'ACIA et un vétérinaire sont toujours présents sur les lieux. L'inspecteur s'assure de la conformité de l'établissement et de l'exploitant. Il assure également, à l'aide du vétérinaire, une surveillance des animaux et des carcasses. L'estampille d'inspection des viandes est ensuite apposée pour signifier la conformité de la viande. Sept autres types d'étiquettes différentes peuvent également être utilisées par l'inspecteur. Celles-ci correspondent à des estampilles qui servent à identifier la saisie, la retenue ou la condamnation d'un animal, d'un produit de viande ou autre. Ce système d'identification permet de départager les viandes qui pourront être vendues à l'international et à l'interprovincial. (ACIA, 2017; K. Bernard, conversation téléphonique, 13 septembre 2017, voir annexe 1)

2. DESCRIPTION DES PROCÉDÉS D'ABATTAGE

Les étapes de procédé mises en place pour réaliser l'abattage des animaux sont directement liées aux rejets d'eaux usées. Ceci s'explique par le fait que l'utilisation de l'eau est indispensable, soit pour permettre un traitement éthique des animaux abattus ou simplement pour assurer une salubrité de la viande produite. Le présent chapitre détaille donc les opérations effectuées dans les abattoirs du Québec en fonction des trois espèces à l'étude; le bovin, le porc et la volaille. La description de la méthode d'abattage religieuse n'est toutefois pas réalisée étant donné que les rejets d'eaux usées engendrés ne diffèrent pas.

2.1. Abattoirs de bovins

Les bovins sont abattus à différents stades de vie soit : lorsqu'ils sont bœuf ou vache, bouvillon/taureau ou taure et veau de grain, petit veau ou veau de lait (MDDEP, 1999). Le procédé d'abattage se divise en sept étapes. La différence observable entre les établissements qui abattent des bovins est en lien avec le degré d'automatisation des installations. En effet, les petits établissements réalisent généralement un plus grand nombre d'opérations de façon manuelle. Toutefois, les étapes d'abattage demeurent les mêmes. Celles-ci sont illustrées à la figure 2.1 puis présentées en détail dans cette section.

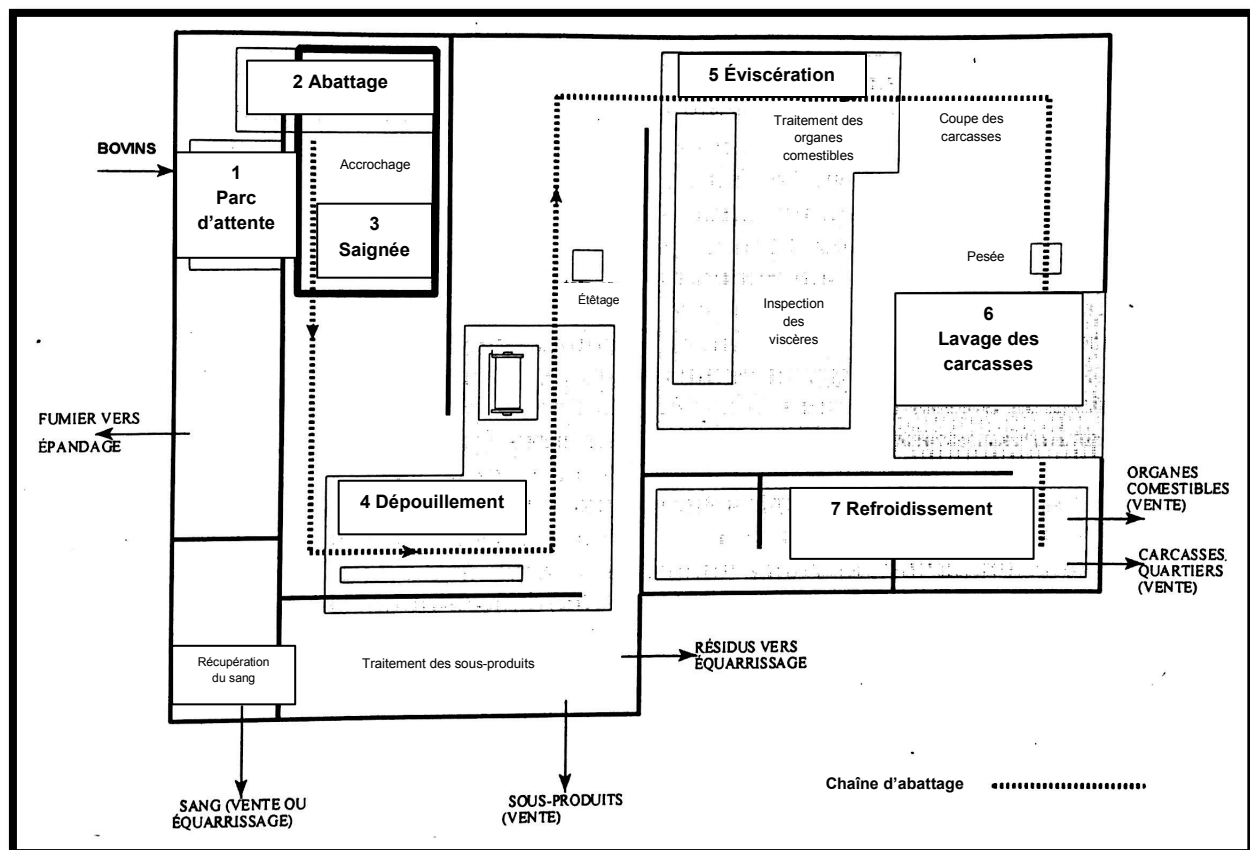


Figure 2.1 Illustration du procédé d'abattage du bovin (tiré de : MDDEP, 1999)

2.1.1. Réception et parc d'attente

Les bovins sont transportés jusqu'aux abattoirs par le biais de camions. Une fois sur place, les bêtes sont guidées dans un parc d'attente (aire de stabulation) où elles y demeureront de quelques minutes à plusieurs heures avec un maximum d'une semaine d'attente. L'aire de stabulation est équipée d'abreuvoirs et recouverte de matières absorbantes permettant un entretien de l'installation. Elle doit également être bien éclairée et ventilée. Les animaux y sont nourris lorsqu'ils passent quelques jours sur place. Ils sont toutefois mis à jeun la veille de l'abattage. (MDDEP, 1999; Moinet, 2002)

Afin de maintenir la salubrité des installations et des équipements, les camions de transport et l'aire de stabulation sont nettoyés après le passage de chaque groupe de bétail. Cette opération permet de prévenir des contaminations accidentelles. (ACIA, 2017)

2.1.2. Abattage

À cette étape, chaque animal est pesé individuellement pour être ensuite dirigé vers l'aire d'abattage par le biais de corridors ou d'allées. Un vétérinaire sur place réalise alors une inspection ante mortem dans le but de vérifier l'état de santé des animaux. Pour des raisons éthiques, les bêtes sont ensuite dirigées, une à la suite de l'autre, dans un assommoir pour subir une insensibilisation, c'est-à-dire subir une intervention afin de ne pas ressentir la douleur de l'abattage. Cette opération s'effectue à l'aide d'un mécanisme pénétrant ou non pénétrant et est réalisée de façon automatisée. Il convient toutefois d'indiquer que pour l'abattage de veaux, l'insensibilisation s'effectue souvent manuellement par un employé. Le dispositif utilisé possède une cartouche de petit calibre ou une balle en acier qui est projetée par un dispositif à air comprimé. Lorsque l'animal tombe inconscient, des employés ouvrent l'enclos de façon à coucher la bête au sol, la soulever à l'aide d'un palan et l'accrocher par une patte arrière à la chaîne d'abattage. (MDDEP, 1999; Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture [FAO], 2006)

2.1.3. Saignée

Lorsque les bovins atteignent ce poste de travail, les veines jugulaires de ses derniers sont sectionnées à l'aide d'un couteau. Le sang s'écoule alors sur le plancher qui est aménagé en pente de façon à permettre sa récolte. Ce dernier est alors accumulé dans un camion pour ensuite être envoyé à l'équarrissage. Dans certains cas, le sang récolté servira pour des fins de consommation humaine. Dans ce cas, la saignée est effectuée avec un trocart et le sang est recueilli dans un sac de plastique aseptisé. Il est par la suite agité et transvidé dans un contenant permettant une conservation à basse température. Globalement, l'étape de la saignée dure entre 10 et 20 minutes par bête et permet un écoulement de 10 à 20 L de sang par individu. (MDDEP, 1999)

2.1.4. Dépouillement

Cette étape est utile au retrait de la peau des bovins abattus. Pour ce faire, les membres antérieurs et postérieurs sont d'abord retirés ainsi que le museau et, dans le cas d'une vache, le pis. Les carcasses sont ensuite couchées sur des rails aériens pour permettre les prochaines manipulations. Un employé débute le retrait de la peau dans certaines zones stratégiques de l'animal mort à l'aide d'un couteau à lame rotatif. La carcasse est ensuite envoyée vers un cylindre d'enroulement, qui correspond à un appareil automatique permettant l'enlèvement complet de la peau en un seul mouvement. L'hygiène des équipements est particulièrement importante lors de cette opération, c'est pourquoi l'ensemble des équipements est désinfecté entre chaque carcasse. Les peaux retirées sont accumulées pour être acheminées vers une tannerie alors que les carcasses dénudées subissent un enlèvement des têtes et une occlusion des œsophages. (MDDEP, 1999; FAO, 2006)

2.1.5. Éviscération

Lorsque les carcasses atteignent cette station de travail, un opérateur débute l'éviscération en réalisant une entaille dans la poitrine et l'abdomen à l'aide d'un couperet ou d'une scie radiale suspendue. Les organes de la cavité thoracique et de l'abdomen sont alors retirés et déposés sur la table d'éviscération mobile en vue de l'inspection post mortem. Les glandes et les organes reproducteurs sont également retirés. Lorsque l'inspecteur note une anomalie, les organes ou les carcasses jugées non comestibles sont envoyés vers l'équarrissage. Par la suite, à l'aide d'une scie ronde, un opérateur coupe les carcasses en deux morceaux égaux en vue de la prochaine étape. Pour des raisons d'hygiène, les outils et les équipements utilisés lors de cette étape sont nettoyés entre chaque manipulation. (MDDEP, 1999; ACIA, 2017)

2.1.6. Lavage des carcasses

Cette étape consiste au lavage sous pression des carcasses. Pour ce faire, la viande est nettoyée au jet avec un mélange d'eau combinée à de l'acide acétique ou lactique concentrée à 2 %. Dans certains établissements, cette opération se réalise par un employé alors que dans d'autres, elle s'effectue de façon automatisée par le biais d'une douche automatique. (MDDEP, 1999)

2.1.7. Refroidissement

À la fin du procédé, les carcasses atteignent les réfrigérateurs ou les congélateurs dotés de système d'échangeur d'air ou d'eau. Lorsque les produits de viande doivent conserver leur fraîcheur, ceux-ci sont maintenus à 4 degrés Celcius (°C) durant 24 heures alors qu'ils sont maintenus autour de -20 °C durant quelques heures lorsqu'ils sont destinés au marché du surgelé. (MDDEP, 1999)

Les sous-produits recueillis lors du procédé d'abattage subissent également un traitement. Ce faisant, les opérations ainsi que la destination de chaque élément figurent au tableau 2.1.

Tableau 2.1 Destination prévue et opérations d'abattage réalisées pour les sous-produits comestibles du bovin (tiré de : MDDEP, 1999)

Sous-produits comestibles	Opérations à l'abattoir	Destination
Foies, reins, cœurs, langues, etc.	<ul style="list-style-type: none"> - Rinçage à l'eau froide - Entreposage sur supports ou dans des bacs alimentés par de l'eau froide 	Marchés d'alimentation
Gras comestibles	<ul style="list-style-type: none"> - Entreposage dans des contenants 	Usine de transformation
Sang recueilli pour consommation humaine	<ul style="list-style-type: none"> - Agitation rapide - Entreposage dans un réservoir maintenu à basse température muni d'un agitateur - Extraction des globules rouges par centrifugation (quelques abattoirs) 	Usine de transformation, marchés d'alimentation

2.2. Abattoirs de porcs

Les porcs sont abattus lorsqu'ils atteignent un poids de 80 kg et plus, ce qui correspond à environ 3 mois d'âge. Bien que des individus plus âgés soient également abattus, il demeure que 80 % de la production provient de cette catégorie. La majorité des établissements d'aujourd'hui possèdent des installations entièrement automatisées et les porcs se font déplacer sur la chaîne de production à une vitesse constante ou majorée par les employés. Le processus d'abattage compte un total de huit étapes. Celles-ci sont présentées à la figure 2.2 et détaillées dans cette section. (MDDEP, 1999)

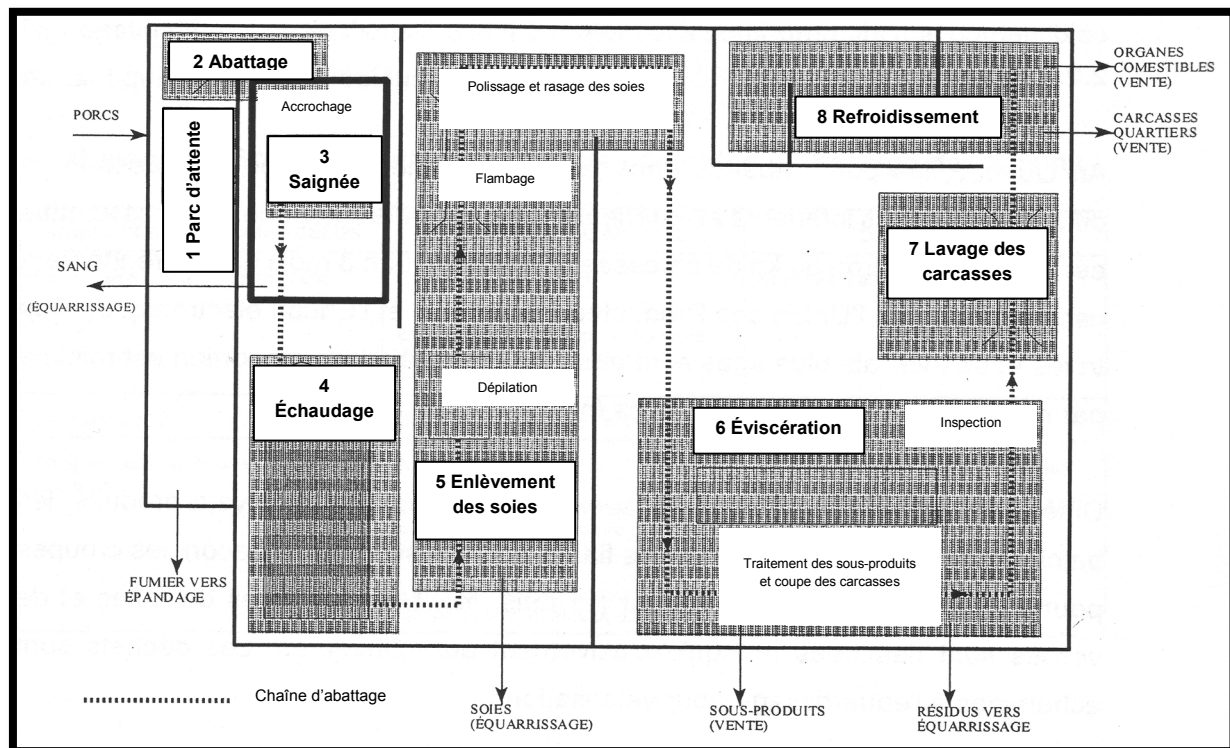


Figure 2.2 Illustration du procédé d'abattage du porc (tiré de : MDDEP, 1999)

2.2.1. Réception et parc d'attente

Au même titre que les bovins, les porcs parviennent à l'abattoir par camion et à leur arrivée, ceux-ci sont dirigés dans un parc d'attente. L'aire de stabulation est composée de plusieurs enclos qui permettent d'accueillir une dizaine d'individus. Ceux-ci sont munis d'abreuvoirs à succion et les planchers sont recouverts de copeaux de bois ou d'autres matières absorbantes permettant de retenir les déjections. Certains établissements, principalement les abattoirs de grande taille, ont équipé leurs enclos de douches afin de permettre aux bêtes de se détendre suite au stress subi durant le transport. Ces dispositifs contribuent également à réduire considérablement le taux de mortalité. (MDDEP, 1999; Conseil canadien du porc [CCP] et Conseil national pour les soins aux animaux d'élevage [CNSAE], 2014)

Pour les mêmes raisons que pour les bovins, les camions de transport et les enclos de l'aire de stabulation sont nettoyés après chaque utilisation par un groupe d'animaux (ACIA, 2017).

2.2.2. Abattage

Au moment de l'abattage, les bêtes sont dirigées, à l'aide d'un passage étroit, vers un assommoir électrique. Ce dernier correspond à un équipement muni d'électrodes chargées entre 400 et 1000 volts (MDDEP, 1999). Cet appareil permet une insensibilisation de l'animal. En effet, lorsque la tête du porc entre en contact avec les électrodes, celui-ci tombe inconscient. Il devient donc insensible à la douleur causée par l'abattage. (Denicourt, Klopfenstein, Dufour, et Pouliot, 2009)

Certains établissements de petite taille procèdent à cette étape de façon manuelle. Pour ce faire, les employés de l'usine utilisent un équipement plus sécuritaire pour la manipulation directe. Ainsi, ils apposent sur la tête des animaux un appareil qui, au contraire du précédent, envoie entre 180 et 250 volts (MDDEP, 1999).

2.2.3. Saignée

À cette étape, le porc se fait suspendre à la chaîne de production par les pattes postérieures afin de maintenir sa tête vers le bas. Les veines jugulaires sont ensuite sectionnées dans le but de permettre la saignée. Dans certains établissements plus petits, le sectionnement de la veine jugulaire s'effectue avant de suspendre les animaux sur la chaîne de production. Quoi qu'il en soit, pour chaque porc abattu, la saignée dure de 2 à 5 minutes et un total de 3 à 5 L de sang sont récupérés puis envoyés à l'équarrissage. (MDDEP, 1999; MAPAQ, 2016b)

2.2.4. Échaudage

Lorsque les carcasses atteignent ce poste de travail, par le biais de la chaîne de production, celles-ci sont plongées dans une cuve d'échaudage remplie d'eau, aussi appelée échaudoir. Cette dernière est dotée d'agitateurs qui assurent une circulation de l'eau tout en contribuant au retrait des déchets grossiers qui se trouvent sur les carcasses. Par le fait même, cette opération les prépare pour la prochaine étape qui

permettra le retrait des soies et des saletés demeurées collées à la peau. Dans la majorité des cas, l'eau de l'échaudoir est renouvelée continuellement pour des raisons d'hygiène. La température de l'eau varie de 59 à 61,5 °C selon le type d'échaudage effectué, soit : le sous-échaudage, l'échaudage ou le sur-échaudage. (MDDEP, 1999; FAO, 2006)

Dans certains établissements de petite taille, les carcasses sont décrochées de la chaîne de production et l'échaudoir de format petit est équipé d'un palier en grillage qui assure le déplacement des carcasses à travers la cuve (MDDEP, 1999). D'autres abattoirs possèdent également un échaudoir qui, au lieu d'une cuve d'eau, est muni d'une douche chaude (Y. Pinsonneault, conversation téléphonique, 4 décembre 2017, voir annexe 1).

2.2.5. Enlèvement des soies

Pour réaliser cette étape, les carcasses sont d'abord décrochées pour ensuite subir trois opérations. Premièrement, elles sont introduites dans une machine à dépiler (épileuse), qui correspond à un appareil équipé de jets d'eau chaude et de tambours rotatifs. Les parois de ces derniers possèdent des aspérités qui contribuent au retrait des soies. Lorsque les carcasses sortent de l'épileuse, celles-ci sont presque totalement exemptes de soie et de saleté. Dans certains établissements, les tambours reçoivent de l'eau recyclée provenant de la cuve d'échaudage. Cependant, pour des raisons d'hygiène, l'eau de la dernière partie de la machine à dépiler se renouvelle constamment avec de l'eau potable. (Morin, 2003; MDDEP, 1999)

Deuxièmement, une fois l'enlèvement des soies achevé, les carcasses sont transportées à l'aide d'un convoyeur vers une table à jambier. Dès lors, les tendons des pattes arrière sont dégagés et un employé appose un crochet en forme de « T » à l'arrière de ceux-ci pour permettre la mise en place des carcasses sur la chaîne de transport. Par la suite, le porc est acheminé vers une installation munie de plusieurs brûleurs au gaz propane. Cette étape correspond au flambage et permet de calciner les soies restantes sur la peau. (MDDEP, 1999)

Troisièmement, les carcasses subissent un polissage, c'est-à-dire que le porc circule à travers un appareil équipé de tiges de caoutchouc et de jets d'eau qui, par leurs actions, nettoie la peau des carcasses. Quatrièmement, l'enlèvement des soies se termine avec le rasage des flancs et du ventre des animaux. Cette opération est parfois réalisée de façon automatisée et parfois de façon manuelle par des employés. (MDDEP, 1999; Morin, 2003)

2.2.6. Éviscération

L'éviscération débute par la pratique d'une incision au niveau de la poitrine et de la croupe de la carcasse. Cette fente permet le retrait des organes sexuels et le dégagement du rectum afin de réduire les risques de contamination de la viande. Par la suite, le contenu de l'abdomen est enlevé et déposé sur la table d'éviscération en vue de l'inspection post mortem. Puis, les carcasses sont pesées avec leur tête, les

rognons et les pattes. Les poids obtenus sont enregistrés et seront utiles à différents calculs de production. Les carcasses sont ensuite coupées en deux par le biais d'une scie ronde alimentée d'un petit jet d'eau. L'épaisseur du gras présent dans le tissu dermique y est vérifiée et les carcasses sont acheminées vers une aire d'inspection. À ce moment, ce sont seulement les carcasses jugées condamnées, classifiées ou retenues qui subiront une vérification de la part du vétérinaire. Toute carcasse montrant une quelconque anomalie sera nettoyée, corrigée ou préparée pour le dépeçage. L'éviscération s'achève avec le retrait des rognons, du gras comestible et de la langue. (MDDEP, 1999)

2.2.7. Lavage des carcasses

Cette opération est importante afin de retirer le sang, les morceaux organiques et toutes autres impuretés des carcasses. Pour y arriver, le poste de travail est muni de plusieurs jets d'eau puissants utilisés de façon manuelle ou automatique. Lorsque la tête est conservée pour le marché de l'alimentation, les voies nasales et buccales sont également nettoyées. (ACIA, 2017)

2.2.8. Refroidissement

Deux méthodes de refroidissement s'observent dans les abattoirs de porcs du Québec, soit une réfrigération à l'air ou à l'eau. Les carcasses y sont entreposées pour être abaissées et maintenues à une température de 4 °C (Morin, 2003).

Tout comme avec les bovins, les sous-produits d'abattage du porc vont subir un traitement avant d'être refroidis. Les opérations effectuées et la destination de chaque élément figurent au tableau 2.2.

Tableau 2.2 Destination prévue et opérations d'abattage réalisées pour les sous-produits comestibles du porc (tiré de : MDDEP, 1999)

Sous-produits comestibles	Opérations à l'abattoir	Destination
Foies, rognons, cœurs, langues, retailles de langue, pattes, etc.	<ul style="list-style-type: none"> - Rinçage à l'eau froide - Entreposage sur supports ou dans des bacs d'eau froide 	Marchés d'alimentation
Gras comestible	<ul style="list-style-type: none"> - Entreposé dans des contenants 	Usine de valorisation

2.3. Abattoirs de volailles

La volaille abattue au Québec correspond principalement à du poulet à griller ou à rôti. Toutefois, la province abat également de la dinde, du faisan, de la pintade, de la caille, du canard, de la perdrix et de l'oie. (MDDEP, 1999)

L'organisation mise en place pour réaliser l'abattage de cette espèce est divisée en huit étapes qui sont présentées à la figure 2.3 et qui sont détaillées dans cette section.

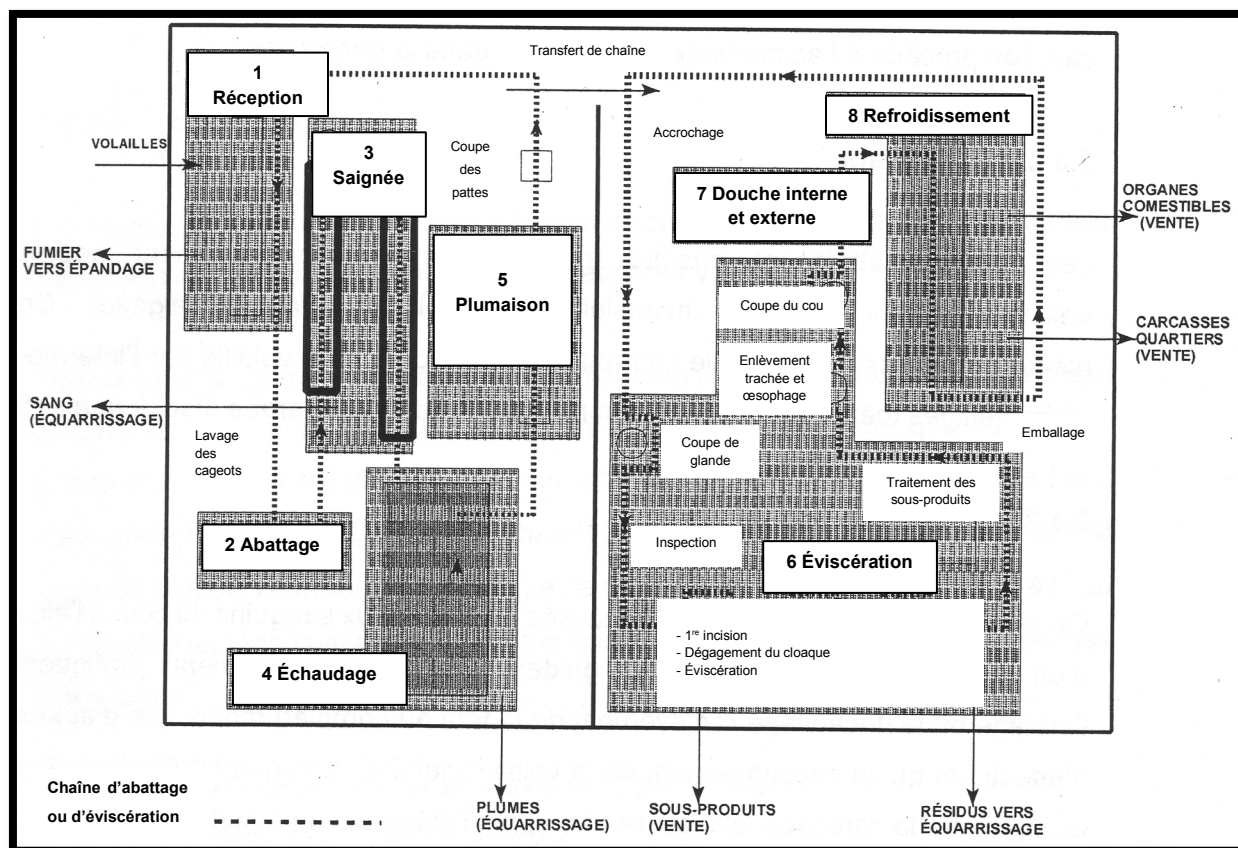


Figure 2.3 Illustration du procédé d'abattage de la volaille (tiré de : MDDEP, 1999)

2.3.1. Réception

La volaille voyage par camion dans des cages pouvant contenir plusieurs individus. Ces dernières sont acheminées jusqu'au quai de déchargement puis déplacées sur un convoyeur situé à la réception. Des employés s'occupent ensuite de sortir chaque volaille à la main afin de les suspendre par les pattes sur des crochets en fer. Ces crochets constituent la chaîne de production. Les volailles y seront déplacées à travers l'usine, d'un poste de travail à l'autre. Durant cette opération, l'inspecteur ou le vétérinaire est présent afin de s'assurer de la santé et du bien-être des animaux. Les individus en mauvais état de santé sont condamnés à mort et, suite à leur décès, sont déposés dans un contenant avec la volaille morte durant le transport. (MAPAQ, 2016b; MDDEP, 1999; FAO, 2014).

À cette étape, les volailles montrent des signes de peur et ont généralement le réflexe de battre des ailes. Afin de calmer les individus et ainsi réduire les réactions, certains abattoirs effectuent l'accrochage de la volaille dans la pénombre alors que d'autres aménagent le dessous de la chaîne de production avec une surface en néoprène orientée à la verticale. Ce faisant, cette surface permet à la volaille de prendre appui et le frottement régulier causé par le mouvement de la chaîne de production a pour effet d'apaiser les individus. (MDDEP, 1999)

Les cages vides ainsi que les camions sont nettoyés après chaque utilisation afin de maintenir la salubrité des installations et des équipements, dans le but ultime de prévenir des contaminations accidentelles (ACIA, 2017).

2.3.2. Abattage

Avant d'atteindre le prochain poste de travail, la volaille subit une insensibilisation, c'est-à-dire qu'elle se fait étourdir dans le but de la rendre inconsciente. Ce mécanisme d'étourdissement correspond à de l'électronarcose. Il permet à l'animal d'être insensible à la douleur jusqu'au moment de sa mort. L'installation correspond à un bassin d'eau ou à des tiges métalliques qui sont chargés d'un courant électrique d'environ 1.5 ampères. Ainsi, lorsque la volaille entre en contact avec l'eau ou avec les tiges métalliques, celle-ci tombe automatiquement inconsciente. (MDDEP, 1999; MAPAQ, 2009)

2.3.3. Saignée

Une fois inconsciente, la volaille passe dans un dispositif automatisé muni d'un couteau rotatif et d'une glissière guide qui permet de sectionner les vaisseaux sanguins du cou. Les individus sont alors vidés de leur sang pendant au moins 90 secondes. Afin de faciliter cette étape, certains abattoirs réalisent l'étêtage ou la décapitation, c'est-à-dire qu'ils sectionnent entièrement la tête de la volaille. Le sang qui s'égoutte est récupéré dans un bac de saignées installé au-dessous de la chaîne de production et est envoyé pour l'équarrissage. La quantité récupérée est de l'ordre de 60 à 100 ml par volaille. (MDDEP, 1999; ACIA, 2017)

2.3.4. Échaudage

Cette opération permet de préparer la volaille pour l'étape de la plumaison. Pour ce faire, les individus circulent, à l'aide de la chaîne de production, dans une cuve d'eau chaude ou tiède afin d'entraîner une dilatation des pores de la peau. Cette dernière possède un système d'agitation et de recirculation de l'eau, ce qui permet d'uniformiser la température à travers la cuve et de réutiliser l'eau. Elle est tout de même alimentée en eau fraîche afin de permettre un bon remplissage. La température de l'eau est variable d'un établissement à l'autre, et cela en fonction du type d'échaudage désiré. Pour un échaudage complet, celle-ci varie entre 71,1 et 82,2 °C alors que pour un sous-échaudage, l'eau est maintenue à une température entre 58,9 et 60 °C. Le semi-échaudage est également utilisé, mais beaucoup moins fréquent au Québec. Celui-ci correspond à un échaudage à l'eau tiède, donc entre 50,6 et 54,4 °C. La durée de cette étape est très variable, car celle-ci est déterminée en fonction de la température de l'eau de la cuve, de la taille et de l'âge de la volaille. Elle dure en moyenne une centaine de secondes. (MDDEP, 1999)

2.3.5. Plumaison

D'une durée d'environ une minute, cette action consiste à retirer les plumes de la volaille. Pour ce faire, ce poste de travail est équipé d'une ou plusieurs machineries automatisées munies d'une multitude de tiges

de caoutchouc flexibles. Ces appareils effectuent des mouvements de rotations qui permettent le déracinement des plumes des carcasses. Des jets d'eau y sont également présents, ce qui contribue à retirer le plumage. (MDDEP, 1999; ACIA, 2017)

Dans les 15 secondes suivant la fin de la plumaison, les carcasses sont lavées à un débit et à une pression constante, ce qui retire l'ensemble des matières étrangères qui pourraient s'y retrouver (ACIA, 2015). Les plumes ainsi retirées sont récupérées au moyen d'un dispositif d'enlèvement manuel ou d'un caniveau d'eau recirculée et sont envoyées vers l'équarrissage (J. Laperrière, Cours ENV 788, 7 février 2017, voir annexe 1).

Deux actions spécifiques au type de volaille abattue sont à poser. Premièrement, lors de l'abattage de poules pondeuses, les carcasses doivent subir une inspection afin de détecter la présence d'œuf et de les récupérer. Les œufs matures sont acheminés dans une usine de transformation en sous-produits et les œufs immatures sont envoyés à l'équarrissage avec les viscères non comestibles. Deuxièmement, lors de l'abattage de canard, il est nécessaire de réaliser l'étape du cirage. Pour y arriver, les carcasses sont recouvertes de paraffine chaude. Une fois durcie, la couche de paraffine est enlevée, permettant ainsi le retrait du duvet qui était resté emprisonné sur la peau. (MDDEP, 1999)

Dans quelques abattoirs du Québec, une étape de flambage est aussi observée à la fin de la plumaison. Celle-ci consiste à brûler les poils qui sont restés sur la peau des carcasses. L'action est réalisée à l'aide d'un brûleur à gaz automatique et se termine parfois par une inspection visuelle ainsi qu'un flambage manuel. L'étape s'achève avec l'élimination des résidus calcinés par le biais d'un nettoyage sous pression avec de l'eau propre. (MAPAQ, 2016b)

2.3.6. Éviscération

Étant donné que les établissements d'abattage sont divisés en deux sections, soit l'aire d'abattage et l'aire d'éviscération, un transfert de chaîne est nécessaire avant d'arriver à ce poste de travail. Pour ce faire, les carcasses se font d'abord rincer abondamment pour ensuite être décrochées de la chaîne de production de l'aire d'abattage. Dans la grande majorité des cas, les pattes des volailles se font couper à cette étape dans le but de les récupérer avec les viscères. Les carcasses de volaille se retrouvent par la suite sur une chute ou un convoyeur pour être dirigées vers la table d'accrochage de l'aire d'éviscération. Cette table d'accrochage est continuellement rincée afin de limiter les risques de contamination de la viande. Les carcasses qui s'y trouvent sont ensuite accrochées sur la chaîne de production. Cette action est de plus en plus réalisée de façon automatisée. (MDDEP, 1999)

Avant de débiter l'éviscération, la carcasse subit une ablation de sa glande uropygienne. Cette dernière a pour fonction d'imperméabiliser les plumes de l'animal vivant grâce à la substance qu'elle produit et constitue un élément non comestible de la volaille. La chaîne de production achemine ensuite les carcasses de volaille vers un poste d'inspection préliminaire. L'inspecteur s'assure de la qualité de la

viande et, en cas de constat douteux, envoie la carcasse sur une chaîne secondaire ou l'achemine à l'équarrissage. (ACIA, 2017; MAPAQ, 2016b)

Les carcasses passent ensuite à travers différents postes d'éviscération. Tout d'abord, le cloaque (organe reproducteur et excréteur) est dégagé, puis une incision est pratiquée afin de créer une bonne ouverture. Le contenu de l'abdomen est alors dégagé et retiré. Les viscères subissent une inspection par un vétérinaire, puis sont séparés de la carcasse. De façon manuelle, le foie et le cœur sont mis de côté dans le but de les valoriser pour l'alimentation humaine. Ensuite, un employé récupère l'œsophage, le jabot, le cloaque, les poumons, les reins et les organes reproducteurs pour des fins d'alimentation animale. Par la suite, il brise, sectionne et sépare le cou de la tête. Ce dernier est envoyé dans un bassin de refroidissement alors que la tête est envoyée avec les viscères non comestibles. L'éviscération s'achève avec le nettoyage de l'abdomen des carcasses. Ce dernier se réalise par l'aspiration des résidus restants, ce qui permet de s'assurer qu'il n'y ait plus de viscères à l'intérieur de la carcasse. (MDDEP, 1999; ACIA, 2017)

Tous les résidus de viscères, de carcasses et autres qui ne sont pas comestibles se font récupérer dans le but d'être envoyés à l'équarrissage. Pour ce faire, ils sont accumulés via un caniveau et sont acheminés à l'aide d'un canal ou d'une vis sans fin vers un camion d'entreposage. L'eau de transport passe ensuite dans un tamis rotatif afin de récupérer les viscères, les plumes, etc. Une partie de l'eau qui en sort est recyclée et envoyée à nouveau dans le système de transport des viscères. Les viscères récupérés peuvent être envoyés à l'équarrissage ou pour l'alimentation animale. (MDDEP, 1999; J. Laperrière, Cours ENV 788, 7 février 2017, voir annexe 1)

2.3.7. Lavage

Lorsque les carcasses atteignent ce poste de travail, celles-ci subissent un nettoyage à l'intérieur et à l'extérieur par le biais de jets d'eau potable sous pression. Ceci contribue à réduire les risques de contamination de la viande avant qu'elle soit refroidie. (ACIA, 2017)

Avant de passer au dernier poste de travail, les carcasses sont triées et certaines sont désossées. Dans un premier temps, un employé trie les volailles par gammes de poids et les départage sur deux chaînes. La première chaîne réunit les carcasses qui resteront entières et la deuxième chaîne contient les carcasses qui seront désossées. Les morceaux découpés manuellement sont; la poitrine, la cuisse et le filet. Par la suite, le restant de la carcasse est souvent désossé de façon mécanisée et les éléments obtenus serviront à produire des charcuteries. (MDDEP, 1999)

2.3.8. Refroidissement

Cette dernière étape peut s'effectuer selon quatre différentes méthodes. Cependant, le but ultime demeure le même, c'est-à-dire d'abaisser rapidement la température de la viande à 4 °C. La première méthode est la plus répandue dans la province et correspond à l'immersion des produits de viandes dans

de l'eau froide et de la glace. Pour ce faire, l'abattoir possède un bassin divisé en deux sections et doté d'un système de réfrigération qui refroidit ou ajoute de la glace au besoin. Les volailles peuvent être transportées sur la chaîne de production dans la cuve d'eau ou elles peuvent être retirées de la chaîne pour être ensuite plongées dans la cuve. Trois étapes sont ensuite franchies. Dans un premier temps, les carcasses se font submerger dans une section du bassin pour subir un pré-refroidissement. L'eau y est maintenue à 13 °C, ce qui permet de faire chuter la température de la viande. Dans un second temps, la volaille passe dans la deuxième section du bassin où la température de l'eau est de 0,5 °C. Le surplus d'eau engendré par cette division est récupéré afin d'alimenter la première section en eau froide et l'eau de sortie est envoyée vers le système de transport des viscères. Ce dispositif est muni d'agitateurs et un débordement d'eau est présent continuellement afin de créer une circulation d'eau et assurer une hygiène. L'installation doit maintenir la viande à cette température et ne doit, en aucun cas, la congeler. Dans un troisième temps, cette méthode de refroidissement se termine par une étape d'égouttage afin de retirer au maximum l'eau accumulée dans les carcasses. (MDDEP, 1999; ACIA, 2017)

La deuxième méthode de refroidissement est l'entreposage des produits de viandes dans un réfrigérateur. Celle-ci s'observe autant dans les vieux abattoirs que dans les récents et s'utilise particulièrement dans les petits et les moyens établissements. La troisième méthode se rapproche de la précédente. Elle correspond au passage de la viande à travers un tunnel de refroidissement à l'air ou au gaz carbonique. Cette méthode est populaire en Europe et commence à l'être de plus en plus au Québec. La quatrième méthode est, quant à elle, basée sur le même principe que la troisième. La viande circule, durant quelques minutes, sur une chaîne dans une chambre isolée et refroidie à l'air. (ACIA, 2017)

Une fois le refroidissement terminé, la volaille destinée au marché de fraîcheur est emballée et disposée dans des boîtes au froid, soit entre -2 °C et +4 °C. Pour ce qui est de la viande destinée au marché du congelé, des emballages individuels sont réalisés afin d'être disposés, pendant deux heures, dans un bassin de saumure à -32 °C. Ils sont par la suite conservés à une température de -18 °C. Finalement, les boîtes de viande se font entreposer de trois différentes façons, soit : avec de la glace fabriquée sur place, dans un tunnel de refroidissement au gaz carbonique ou dans un congélateur. Lorsque le refroidissement s'effectue au gaz carbonique, la température est maintenue à -56 °C pour les poulets entiers et à -45 °C pour les morceaux de poulets. La viande y est mise durant 4 heures, ce qui permet un refroidissement par conduction. (MDDEP, 1999; Commission économique pour l'Europe des Nations unies [CEE-ONU], 2015; Fédération des Industries Avicoles, 2010)

Les viscères comestibles subissent également un traitement. Les opérations effectuées et leur destination figurent au tableau 2.3.

Tableau 2.3 Destination prévue et opérations d'abattage réalisées pour les sous-produits comestibles de la volaille (tiré de : MDDEP, 1999)

Sous-produits comestibles	Opérations à l'abattoir	Destination
Foies, cœurs, cous	<ul style="list-style-type: none"> - Rinçage à l'eau froide - Entreposage dans des bacs d'eau froide - Emballage 	Marchés d'alimentation
Gésiers	<ul style="list-style-type: none"> - Séparation des viscères - Enlèvement du gras - Enlèvement de l'enveloppe - Rinçage à l'eau froide - Entreposage dans des bacs d'eau froide - Emballage 	Marchés d'alimentation
Œufs matures	<ul style="list-style-type: none"> - Identification des poules pondeuses - Extraction des œufs 	Usines de transformation en sous-produits

3. DESCRIPTION DES REJETS D'EAUX USÉES

Comme il a été possible de le constater dans le précédent chapitre, les rejets liquides des abattoirs du Québec proviennent de différentes étapes du procédé d'abattage. En effet, l'eau est requise dans l'ensemble de l'établissement, d'abord et avant tout, pour l'entretien de l'aire d'opération, des installations et des équipements, mais également pour la réalisation de certaines opérations spécifiques. Dans un premier temps, lors de l'abattage de la volaille, l'eau est utilisée pour permettre l'étourdissement des individus. Elle est aussi employée pour l'échaudage de la volaille et du porc. Dans un second temps, le dépouillement du bovin, l'enlèvement des soies du porc et la plumaison de la volaille constituent des étapes nécessitant une consommation d'eau. Cette ressource sert également à l'éviscération et au lavage des carcasses. Finalement, dans un troisième temps, certaines méthodes de refroidissement consomment de l'eau pour permettre l'abaissement de la température des produits de viande.

Ceci explique donc le fait qu'à elle seule, l'industrie de l'abattage de bovin, de porc et de volaille consomme 8,2 GL d'eau par année pour réaliser ses activités (J. Laperrière, échange de courriel, 16 août 2016, voir annexe 1; MDDELCC, 2011). Ce faisant, c'est à peu près cette quantité d'eau qui est rejetée annuellement bien qu'elle peut varier selon la production, les méthodes de gestion et les technologies qui sont implantées dans les établissements. Néanmoins, le potentiel polluant de l'effluent demeure élevé et ses paramètres varient selon l'espèce abattue. Le présent chapitre quantifie donc les polluants contenus dans les rejets d'eaux usées provenant des abattoirs. Il qualifie également ces rejets en notant les risques potentiels sur la santé publique et en décrivant les impacts environnementaux qu'ils peuvent causer s'ils se retrouvent dans le milieu naturel.

3.1. Quantité

Six paramètres sont mesurés sur les eaux usées générées par les abattoirs afin de déterminer leur charge polluante. Chacun de ceux-ci est quantifié au tableau 3.1 en fonction des trois espèces à l'étude.

Tableau 3.1 Charges brutes à l'effluent en kg/tonne métrique en équivalents de carcasses (TEC)
(tiré de : MDDEP, 1999)

Espèces	Valeurs moyennes					
	Demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO ₅)	Demande chimique en oxygène (DCO)	Matières en suspension (MES)	Huiles et graisses totales (H&G _{tot})	Azote total Kjeldahl (NtK)	Phosphore total (P _{tot})
Bovins ⁽¹⁾	7,5	13,8	2,7	1,1	0,9	0,12
Porcs ⁽²⁾	3,1	5,0	1,3	0,5	0,4	0,04
Volailles ⁽³⁾	15,2	22,7	15,1	14,3	0,8	0,19

⁽¹⁾ 12 caractérisations d'abattoirs de bovins

⁽²⁾ 6 caractérisations d'abattoirs de porcs

⁽³⁾ 18 caractérisations d'abattoirs de volailles

Comme il est possible de constater au tableau 3.1, les effluents provenant des abattoirs de volailles montrent les valeurs les plus élevées sur l'ensemble des paramètres de mesures, à l'exception de l'azote total Kjeldahl (NtK). Ce faisant, l'abattage de la volaille est l'activité qui génère les eaux usées les plus chargées en polluants. Le traitement de ceux-ci est donc plus difficile que celui des autres espèces. Quoi qu'il en soit, chaque paramètre de mesure donne une information spécifique sur l'effluent étudié. Ceux-ci sont donc décrits dans cette section.

3.1.1. Demande biochimique en oxygène (DBO)

Ce paramètre permet de connaître la charge organique biodégradable contenue dans l'effluent. En effet, la valeur obtenue en DBO correspond à la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries aérobies après 5 ou 20 jours d'incubation (DBO₅ ou DBO₂₀) à 20 °C dans l'obscurité (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec [CEAEQ], 2014). La DBO₅ moyenne pour les abattoirs de volailles est de 15,2 kg/TEC, suivi par les abattoirs de bovins avec 7,5 kg/TEC et les abattoirs de porcs avec 3,1 kg/TEC (tableau 3.1).

3.1.2. Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO constitue un paramètre de mesure qui désigne une concentration de polluants inorganiques et organiques (biodégradable ou non) et qui sont oxydables (Peiffer, 2002). Elle s'obtient par l'ajout d'un oxydant, le bichromate de potassium. La DCO permet de déterminer la charge polluante de l'effluent, c'est-à-dire la portion de celui-ci qui ne peut pas être absorbée par les microorganismes présents dans le milieu naturel (CEAEQ, 2016).

Le tableau 3.1 montre que les abattoirs de volailles génèrent des eaux usées avec une DCO moyenne plutôt élevée, soit 22,7 kg/TEC. Celle obtenue pour les effluents des abattoirs de bovins est également élevée avec 13,8 kg/TEC, suivi par les abattoirs de porcs avec 5,0 kg/TEC. Par ailleurs, la DCO est utile pour calculer le rapport d'oxydabilité DBO₅/DCO, qui informe sur la biodégradabilité de l'effluent. Comme le tableau 3.2 permet de le noter, l'ensemble des effluents des abattoirs possède un rapport d'oxydabilité inférieur à 2, ce qui signifie qu'ils sont facilement biodégradables. (Truc, 2007)

Tableau 3.2 Rapport d'oxydabilité moyen des effluents en kg/tonne métrique en équivalents de carcasses (TEC) (inspiré de : MDDEP, 1999)

Espèces	Rapport d'oxydabilité
Bovins ⁽¹⁾	1,84
Porcs ⁽²⁾	1,61
Volailles ⁽³⁾	1,49

⁽¹⁾ 12 caractérisations d'abattoirs de bovins

⁽²⁾ 6 caractérisations d'abattoirs de porcs

⁽³⁾ 18 caractérisations d'abattoirs de volailles

3.1.3. Matières en suspension (MES)

Ce paramètre correspond à la quantité de particules inorganiques ou organiques contenues dans un effluent. Deux types de MES s'observent. Premièrement, les matières décantables, c'est-à-dire les particules qui se déposent naturellement au sol et deuxièmement, les matières colloïdales, qui sont des particules très petites, de 10^{-2} à 10^{-4} mm de grosseur, qui ne peuvent pas être décantées. (Peiffer, 2002)

Les MES sont les principales responsables de la turbidité. Bien que ce paramètre ne donne pas l'information sur les types de particules présents dans l'effluent, il permet toutefois de considérer le risque de contamination de ce dernier. En effet, les microorganismes sont reconnus pour se fixer aux MES. Ce faisant, la valeur obtenue pour ce paramètre informe sur la présence probable de microorganismes nocifs pour la santé humaine ou pour le milieu naturel, comme des parasites ou des bactéries. (Centre d'expertise et de référence en santé publique [INSPQ], 2016)

Comme observé au tableau 3.1, les effluents des abattoirs de volailles sont ceux qui contiennent la moyenne de MES la plus élevée avec 15,1 kg/TEC. Les abattoirs de bovins et de porcs en contiennent beaucoup moins avec des valeurs respectives de 2,7 et 1,3 kg/TEC.

3.1.4. Huiles et graisses totales (H&G_{tot})

Ce paramètre informe directement sur la quantité d'huile et de graisse présentes dans l'effluent. Il s'obtient en évaluant les substances extractibles au chloroforme (SEC) ou à l'hexane (Peiffer, 2002). Ces deux éléments résultent directement de l'abattage des animaux et font partie des MES mesurées dans l'effluent (Saizonou et al., 2010). En moyenne, les effluents provenant des abattoirs de volaille sont les plus riches avec 14,3 kg/TEC. Ceux provenant des établissements d'abattage de bovin et de porc en contiennent nettement moins avec respectivement 1,1 et 0,5 kg/TEC (tableau 3.1).

Les H&G_{tot} favorisent la croissance de microorganismes de toutes sortes, ce qui s'accompagne d'odeurs nauséabondes. Ils sont également reconnus, particulièrement les graisses, comme étant des contributeurs à l'appauvrissement en oxygène du milieu aquatique. En effet, leur accumulation entraîne la formation d'une couche à la surface de l'eau, ce qui a pour effet de bloquer les échanges entre l'eau et l'air ambiant. La mesure de ce paramètre est donc nécessaire afin de limiter l'impact de ces éléments sur l'environnement. (Cepia, 2007)

3.1.5. Azote total Kjeldahl (NtK)

Le NtK est obtenu suite à la réalisation de la méthode de Kjeldahl. Cette dernière comporte deux étapes. Premièrement, une digestion acide des protéines et des polypeptides présents dans l'effluent et deuxièmement, une étape d'alcalinisation de l'échantillon, ce qui entraîne une libération d'ammoniac. Ainsi, la valeur mesurée correspond à l'azote provenant de la matière organique et à l'azote présent sous forme ammoniacale (NH_4^+). (Peiffer, 2002)

Les effluents des abattoirs de bovins et de volailles sont les plus élevés en NtK avec des valeurs respectives de 0,9 et 0,8 kg/TEC (tableau 3.1). Les abattoirs de porcs en sont les moins riches avec 0,4 kg/TEC.

L'azote est un élément nutritif naturellement présent dans l'environnement sous différentes formes (Olivier, 2015). En effet, comme illustré à la figure 3.1, ce dernier se transforme selon les conditions environnementales à travers ce qui s'appelle le cycle de l'azote.

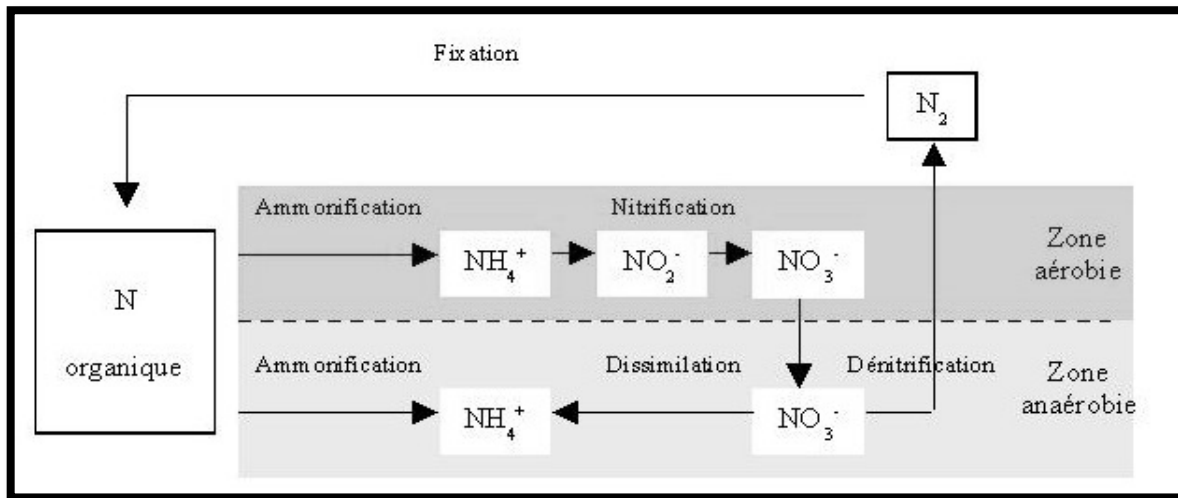


Figure 3.1 Cycle de l'azote dans le sol d'une zone humide (tiré de : Bureau d'Études Industrielle Énergie Renouvelables et Environnement [BEI ERE], 2009)

Lorsque l'effluent atteint le milieu aquatique, l'azote est présent sous forme organique. L'action des microorganismes a ensuite pour effet d'entraîner une dégradation de cette molécule, c'est-à-dire une ammonification. L'ammonium (NH_4^+) ainsi obtenu subit ensuite une digestion aérobie. Cette étape, appelée nitrification, produit du nitrite (NO_2^-) et du nitrate (NO_3^-). Par la suite, une dénitrification et une dissimilation s'observent en condition anaérobie. Ces deux stades du cycle transforment le nitrate en azote gazeux (N_2) et en ammonium. Ce phénomène maintient un équilibre nutritionnel au sein de l'écosystème aquatique. Sachant que certaines formes d'azote sont nocives, la mesure de ce paramètre est donc importante afin de mesurer le potentiel de déstabilisation que pourrait entraîner un effluent sur le milieu naturel. (Olivier, 2015; BEI ERE, 2009)

3.1.6. Phosphore total (P_{tot})

Ce paramètre représente la quantité totale de phosphore présent dans l'effluent. Ce faisant, la valeur obtenue correspond aux phosphates et à tous les composés organophosphorés qu'il contient (CEAEQ, 2011). Les effluents des abattoirs de volaille montrent la plus grande concentration moyenne de P_{tot} avec 0,19 kg/TEC, suivi de près par les effluents provenant des abattoirs de bovins avec 0,12 kg/TEC. Les rejets d'eaux usées des abattoirs de porcs en sont les moins riches avec une valeur de 0,04 kg/TEC.

Le phosphore est un nutriment de forte influence sur la croissance des végétaux, aquatiques et terrestres. Il est présent dans l'environnement en quantité limitée dans le but de maintenir un équilibre au sein de l'écosystème. La mesure de ce paramètre permet donc de déterminer l'apport nutritif que représente l'effluent et donc de connaître le déséquilibre qu'il pourrait potentiellement entraîner sur le milieu naturel. (Environnement et Changement climatique Canada, 2017)

3.2. Qualité

La description de la composition des rejets d'eaux usées des abattoirs, réalisée à la section 3.1, permet de dresser un portrait de la qualité de ces derniers. La caractéristique principale qui découle des paramètres de mesures correspond à la charge organique élevée. En effet, le faible rapport d'oxydabilité, la grande concentration de MES et la forte présence de H&G_{tot} démontrent que ces effluents sont facilement biodégradables, attribuables à la grande concentration de matières organiques qu'ils contiennent. Aussi, les apports nutritifs en P_{tot} et en NtK que représentent les rejets d'eaux usées des abattoirs en font des sources de fertilisant très concentrées. Par le fait même, la qualité de ces effluents a le potentiel de grandement perturber le milieu naturel si ces derniers étaient rejetés en absence de traitement ou en présence d'un traitement inefficace. Ils constituent un risque microbiologique, mais aussi toxicologique pour la santé humaine en plus de représenter une menace pour l'équilibre des écosystèmes aquatiques.

Dans un premier temps, si un déversement d'eaux usées provenant d'un abattoir avait lieu, la grande concentration organique des effluents entraînerait une prolifération de microorganismes dans le milieu naturel récepteur, tels que des bactéries, des virus et des parasites. Une étude menée en 2007 (Herau, Loukiadis, Sandrin Gabriel-Robez, Kerouredan et Brugere) a confirmé que les rejets provenant des abattoirs contiennent des souches potentiellement pathogènes d'entérobactéries, *E. coli*, *Pseudomonas*, staphylocoques, entérocoques, salmonelles et *Listéria*. De plus, des virus, l'hépatite E et le rotavirus, ainsi que des parasites, le *Cryptosporidium parvum* et la *Giardia lamblia*, peuvent se retrouver dans les eaux usées provenant des abattoirs (Nafarnda, Ajayi, Shawulu, Kawe, Omeiza, Sani, Tenuche, Dantong et Tags, 2012). Ces microorganismes représentent un danger pour la santé de la population environnant le cours d'eau contaminé. En effet, les humains qui côtoient le milieu naturel récepteur risquent de contracter l'un ou l'autre de ces microorganismes. Ceci peut se faire soit par un contact direct avec l'eau polluée, par exemple lors d'une baignade, ou par une exposition indirecte via une consommation d'eau provenant d'un puits artésien contaminé (Reounodji, 2016). Les symptômes sont très diversifiés et varient selon l'agent pathogène. Les souches bactériennes peuvent causer, entre autres, des crampes abdominales, de la diarrhée, des vomissements, des courbatures, des maux de tête, de la fièvre, une infection des voies respiratoires, une infection urinaire et même une infection du sang (Ministère de la Santé et Services sociaux du Québec [MSSS], s. d.; Gouvernement du Canada, 2016; Hôpital de Montréal pour enfants, s. d.; Gouvernement du Canada, 2012a; Gouvernement du Québec, 2016; Gouvernement du Canada, 2012b). Pour ce qui est des virus, celui de l'hépatite E affecte le foie et

entraîne, entre autres, de la fièvre, des vomissements, des éruptions cutanées, une jaunisse, une hypertrophie du foie et des douleurs articulaires (Organisation mondiale de la Santé [OMS], 2017). Le rotavirus, quant à lui, affecte l'intestin grêle et se manifeste, entre autres, par de la fièvre et des douleurs à l'estomac (Hôpital de Montréal pour enfants, 2007). Finalement, les parasites du *Cryptosporidium parvum* et de la *Giardia lamblia* sont reconnus pour causer, entre autres, de la diarrhée, des vomissements, de la déshydratation et des coliques (Ministère de la santé et des soins de longue durée de l'Ontario, 2015). En plus, la faune qui s'abreuve au cours d'eau infecté est à risque de contracter l'un ou l'autre de ces microorganismes. Ceux-ci peuvent, dans le cas des parasites et de certaines bactéries, en subir les symptômes, mais aussi être un vecteur de leur propagation dans le milieu naturel (Santé Canada, 2012; MAPAQ, 2017c). Ce faisant, le risque microbiologique que représentent les rejets d'eaux usées provenant des abattoirs constitue une menace réelle pour la santé publique.

Dans un deuxième temps, lors d'un déversement d'effluents provenant d'abattoir, la grande concentration organique et la forte charge en P_{tot} de ces eaux usées entraîneraient un déséquilibre nutritionnel du milieu naturel récepteur jusqu'à causer une eutrophisation. Ce processus est évolutif et représente la conséquence de deux perturbations majeures. Premièrement, la présence élevée de MES et de $H\&G_{tot}$ aurait pour effet d'accentuer la prolifération de microorganismes dans l'écosystème aquatique. Deuxièmement, la grande quantité de P_{tot} provoquerait une explosion des populations végétales, du phytoplancton jusqu'aux plantes aquatiques. Ce faisant, le milieu naturel récepteur subirait une augmentation nette de sa biomasse, en surface comme en profondeur. La demande en oxygène de ce dernier augmenterait donc rapidement jusqu'à atteindre la capacité de régénération en oxygène de l'écosystème. Par la suite, l'accumulation de biomasse en surface entraînerait un blocage graduel des rayons du soleil, ce qui limiterait de plus en plus la photosynthèse des plantes aquatiques situées en profondeur. De ce fait, les végétaux subiraient une hausse de mortalité au sein de leur population. Il en résulterait un manque d'oxygène grandissant en plus d'une lourde perte des habitats naturels pour les populations de poissons et pour toutes autres formes de vie aquatique. Conséquemment, la faune, la flore ainsi que tous organismes aérobies disparaîtraient peu à peu, ce qui menacerait la survie de l'écosystème aquatique. Les organismes anaérobies, tels que les cyanobactéries, profiteraient de ces conditions pour envahir complètement le milieu aquatique récepteur. Ceux-ci libèreraient des toxines qui menaceraient d'autant plus la santé publique. De plus, les conditions anaérobies de l'eutrophisation du milieu entraîneraient une réduction microbienne des nitrates et des nitrites en ammoniac. Ce composé toxique causerait, en plus du manque d'oxygène, la mortalité des poissons et des invertébrés (Conseil canadien des ministres de l'environnement [CCME], 2010). Ainsi, les rejets d'eaux usées provenant des abattoirs représentent un danger significatif pour l'équilibre des écosystèmes, mais également pour le bien-être de la population humaine. (Peiffer, 2002; Centre national de la recherche scientifique [CNRS], Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer [Ifremer], Institut national de la recherche agronomique [INRA] et Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture [Irstea], 2017)

Finalement, advenant un déversement d'effluent d'abattoir dans un milieu naturel, l'apport nutritif en NtK que ces eaux usées représentent déstabiliserait le cycle de l'azote de l'écosystème. Combiné avec l'eutrophisation du milieu, une augmentation de la production de nitrites et de nitrates s'observerait. Leurs présences seraient d'abord notées dans le milieu aquatique récepteur, mais ces derniers contamineraient peu à peu les eaux souterraines et donc les puits artésiens situés à proximité. Ces deux formes d'azote constituent des composés toxiques pour la santé humaine lorsqu'ils sont présents en abondance. Bien qu'aucune toxicité n'a été démontrée à ce jour en ce qui a trait au nitrate, il demeure que son absorption dans l'organisme entraîne une transformation d'une portion de ce dernier en nitrite. Or, c'est ce composé qui est dangereux pour la santé humaine. En effet, le nitrite entraîne une méthémoglobinémie, c'est-à-dire une diminution de la capacité de fixation de l'oxygène par l'hémoglobine. Les symptômes principaux sont des difficultés respiratoires, des troubles neurologiques, des vomissements et une coloration grisâtre de la peau. Cette pathologie s'observe majoritairement chez les nourrissons, qui en sont les plus affectés et dont des cas de mortalité ont été rapportés. Ensuite, une contamination mixte peut également mener à la formation d'une molécule cancérigène, la nitrosamine, lors de la digestion par l'organisme humain. Ce faisant, les rejets d'eaux usées provenant des abattoirs sont une menace pour la santé publique, en raison du risque toxicologique qu'ils représentent. (Institut national de la santé publique du Québec [INSPQ], 2003; Pajon, 2011)

4. TECHNIQUES DE GESTION DES REJETS LIQUIDES AU QUÉBEC

Considérant l'impact environnemental et les risques reliés à la santé publique, plusieurs techniques de gestion des eaux usées ont été implantées dans les abattoirs du Québec depuis 1970. Les technologies de traitements ont grandement évolué à travers les années et se répartissent selon quatre étapes : le prétraitement, le traitement primaire, secondaire ainsi que tertiaire. Le choix de la technique de gestion ainsi que le nombre d'étapes de traitement mis en place dans un établissement sont établis en fonction des exigences reliés au type de rejet. En effet, les systèmes de traitement des eaux usées sont déterminés en se basant sur les lois et règlements qui régissent les rejets dans l'égout municipal ainsi que les rejets dans le milieu naturel. Ce faisant, le présent chapitre portera d'abord sur l'aspect légal et réglementaire des eaux usées de l'industrie, puis sur les différentes techniques de gestion des rejets liquides et des boues. Il sera également question de la situation du Québec à ce jour et des problématiques rencontrées.

4.1. Loi et règlement

Au Québec, la gestion de l'eau est assurée par le MDDELCC. Plus précisément, les rejets d'eaux usées de l'industrie de l'abattage animal sont assujettis à des normes spécifiques au type de rejet. Celles-ci sont présentées dans cette section.

4.1.1. Rejet dans l'égout municipal

Lorsqu'un établissement d'abattage est raccordé à un réseau d'égout municipal, il revient à la municipalité de traiter ces rejets, en plus de ceux provenant d'autres industries et du secteur résidentiel. À cet effet, le Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées (ROMAEU), édicté le 11 décembre 2013 et découlant de la LQE, établit des normes de rejets qui s'appliquent à toutes les municipalités du Québec (tableau 4.1).

Tableau 4.1 Normes de rejet établi par le Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées (ROMAEU)

Paramètres de mesure	Normes de rejet
Demande biochimique en oxygène après 5 jours (DBO ₅)	< ou = 25 mg de partie carboné/L
Matières en suspension (MES)	< ou = 25 mg/L, sauf s'il est démontré que le dépassement est causé par des algues proliférant dans des étangs d'épuration
Potentiel Hydrogène (pH)	Entre 6,0 et 9,5
Toxicité aiguë, c'est-à-dire un taux de mortalité de plus de 50 % des organismes exposés à l'effluent non dilué	Pour la truite arc-en-ciel, <i>Oncorhynchus mykiss</i> , ou la daphnie, <i>Daphnia magna</i> , ou les deux à la fois.

Les effluents générés par les abattoirs sont hautement biodégradables et sont considérés comme étant compatibles, de façon générale, avec les systèmes d'épuration municipaux du Québec (MDDEP, 1999).

Toutefois, la réalité est plutôt complexe. Les municipalités, particulièrement les petites, possèdent des installations avec une capacité de traitement limitée. Ce faisant, celles-ci font face à la difficulté de traiter les eaux usées qu'elles perçoivent due au fait qu'elles représentent des charges polluantes trop élevées, mais aussi trop variées en contaminants. Les effluents du secteur de l'agroalimentaire sont d'ailleurs reconnus pour leurs grandes influences sur la DBO₅ et les MES. Pour remédier à cette problématique, chaque municipalité du Québec possède aujourd'hui ses propres normes de rejets qui fixent des exigences à chaque industrie qui déverse dans son réseau. Celles-ci se voient donc dans l'obligation de surveiller les paramètres de leurs rejets et de se doter, dans certains cas, de système de traitement des eaux usées. Ces normes de rejets constituent ainsi des outils de gestion qui permettent aux municipalités de se garantir de leur capacité à se conformer aux normes du *ROMAEU*. (M. Poirier et J. Laperrière, rencontre téléphonique, 20 octobre 2017, voir annexe 1)

Les règlements relatifs aux rejets dans les réseaux d'égouts, fixés par les municipalités, imposent des normes différentes. Ceci s'explique par le fait qu'elles sont établies en fonction de la capacité de charge des installations de traitement des eaux usées que possède chaque ville. Toutefois, cela est différent pour les municipalités déversant dans le fleuve Saint-Laurent. En effet, depuis 2009, la Communauté métropolitaine de Montréal (CMM) a mis en place une réglementation sur l'assainissement des eaux usées en se basant sur la capacité de rétention de ce grand écosystème, qui constitue le milieu récepteur des municipalités qui composent le CMM. Le but de cette dernière est de protéger et de conserver la pérennité de l'environnement du fleuve Saint-Laurent et des infrastructures d'assainissement. (CMM, 2017)

Outre la réglementation, certaines municipalités du Québec prennent également des ententes industrielles avec certaines entreprises sur leur territoire. Ces dernières sont utiles pour contrôler les rejets d'eaux usées provenant des grands pollueurs, c'est-à-dire des industries qui rejettent des charges polluantes que la municipalité ne peut prendre en charge. Les ententes industrielles sont souvent présentées au MDDELCC pour faire approuver la construction d'une nouvelle entreprise ou pour faire autoriser des modifications de production et d'équipements de traitement des eaux usées. Elles constituent des outils de contrôle permettant de fixer des normes complémentaires à celles du règlement municipal. Ces ententes sont spécifiques à l'industrie qui devra effectuer un traitement de son effluent avant de le rejeter dans le réseau d'égout municipal. (P. Roy, conversation téléphonique, 17 août 2017, voir annexe 1; M. Poirier et J. Laperrière, rencontre téléphonique, 20 octobre 2017, voir annexe 1)

4.1.2. Rejet dans le milieu naturel

Lorsqu'un établissement d'abattage n'est pas raccordé au réseau d'égout municipal, il est considéré comme étant hors réseau. Ce faisant, il rejette ses effluents dans un milieu naturel récepteur. Au Québec, il n'existe aucun règlement spécifique à ce type de rejet et une méthode de « cas par cas » est appliquée dans l'attribution des normes de rejets. Toutefois, considérant le fait que le MDDELCC se doit de respecter la LQE lorsqu'il autorise des projets agroalimentaires, ce dernier a publié les Lignes directrices

applicables à l'industrie agroalimentaire hors réseau (MDDEP, 2011). Ce document public, dédié aux analystes des directions régionales du secteur agroalimentaire du MDDELCC, constitue un outil de travail permettant la prise de décision. En effet, ce dernier guide le processus de détermination des normes de rejets et exigences spécifiques à chaque établissement. Il aide également l'analyste à établir le programme d'autosurveillance à exiger. Les lignes directrices s'appliquent à tous les nouveaux établissements industriels et à tous ceux déjà existants qui augmentent leur production ou qui réalisent des modifications entraînant une augmentation de la charge polluante de leurs effluents. (M. Poirier et J. Laperrière, rencontre téléphonique, 20 octobre 2017, voir annexe 1)

De façon générale, le promoteur qui réalise un projet agroalimentaire doit présenter une demande d'acte statuaire ainsi qu'une demande de calcul des objectifs environnementaux de rejet (OER). À ce moment, l'analyste responsable de l'évaluation établit l'approche à prendre pour déterminer les normes et exigences de rejets. Pour y arriver, ce dernier considère les OER, la sensibilité du milieu naturel récepteur, la technologie disponible et l'ampleur des rejets. Les OER sont calculés en se basant sur la concentration maximale de contaminant que peut supporter le milieu naturel récepteur. Ce faisant, le but ultime des OER est de respecter les critères de qualité de l'eau potable tout en s'assurant de protéger les usages du milieu naturel. Durant ce processus, le promoteur peut demander un avis environnemental préalable, ce qui lui permet de prendre connaissance des contraintes environnementales auxquelles il pourrait faire face. Il peut ainsi procéder à des modifications s'il le juge nécessaire.

Lors de l'analyse du projet, l'analyste doit avant tout déterminer la classe d'établissement industriel où se situe l'entreprise à l'étude (tableau 4.2). Pour ce faire, il effectue une estimation de la charge organique brute que représente l'effluent en se basant sur des calculs théoriques ou sur des comparatifs.

Tableau 4.2 Classes d'établissements industriels (tiré de : MDDEP, 2011)

Classe 1 : Entreprise artisanale : $DBO_5 \leq 10 \text{ kg/j}$
Classe 2 : $10 \text{ kg/j} < DBO_5 \leq 100 \text{ kg/j}$
Classe 3 : $100 \text{ kg/j} < DBO_5 \leq 300 \text{ kg/j}$
Classe 4 : $DBO_5 > 300 \text{ kg/j}$

Par la suite, à l'aide des OER et de la classe obtenue, l'analyste fixe une norme pour les paramètres suivants : DBO_5 , MES, P_{tot} , azote ammoniacal, toxicité globale aiguë, coliformes fécaux, $H\&G_{\text{tot}}$, pH, DCO et NtK. D'autres paramètres peuvent également être ajoutés en fonction de la particularité de l'effluent rejeté ou du milieu naturel récepteur. Ces normes sont émises en fonction du débit rejeté et du taux de production de l'établissement. Ce faisant, ces valeurs, ainsi que toutes celles des paramètres présents dans la norme, doivent être mesurées selon des fréquences prédéterminées dans le programme d'autosurveillance. En effet, ce dernier établit les fréquences et les méthodes d'échantillonnage pour chaque paramètre en fonction de la classe d'établissement industriel. Il impose également l'émission d'un rapport d'autosurveillance à transmettre au MDDELCC. Celui-ci doit être transmis « dans les 30 jours

suivant la fin du mois dans lequel il y a eu prélèvements des échantillons » (MDDEP, 2011). Un programme d'autosurveillance complémentaire peut également être exigé au regard des particularités du projet agroalimentaire. (M. Poirier et J. Laperrière, rencontre téléphonique, 20 octobre 2017, voir annexe 1; MDDEP, 2011; P. Roy, conversation téléphonique, 17 août 2017, voir annexe 1)

4.2. Technologies de traitement

Plusieurs technologies de traitement existent et peuvent être implantées dans les établissements d'abattage animal au Québec. Les installations de traitement des eaux usées varient en complexité à cause des différentes normes applicables et des variations de charge polluante des rejets. En effet, la composition du système de traitement est pensée en conséquence du type de rejet et des paramètres à traiter dans l'effluent. Cette section porte donc sur les différentes technologies de traitement et leurs fonctionnements.

4.2.1. Prétraitement

Le prétraitement consiste au retrait des matières grossières contenues dans les eaux usées. Il s'observe dans la grande majorité des abattoirs du Québec, particulièrement dans ceux dotés d'un ou de plusieurs autres étapes de traitement. En effet, cette étape de traitement est utile pour protéger les équipements en aval contre une obstruction en plus de contribuer au traitement des eaux usées. Le prétraitement comprend deux différentes technologies qui peuvent être utilisées en combinaison ou séparément, selon les besoins.

La première correspond au dégrillage, c'est-à-dire au retrait des matériaux grossiers contenus dans l'effluent. Bien qu'il existe plusieurs types d'appareils permettant ce genre de traitement, aucun de ceux-ci n'est observé dans les établissements d'abattages du Québec. En effet, les abattoirs procèdent plutôt à l'installation de grilles sur les drains collecteurs des planchers de l'usine (MDDEP, 1999; J. Laperrière, conversation téléphonique, 15 novembre 2017, voir annexe 1). Ces grilles, dotées d'ouvertures entre 6 et 40 millimètres (mm), permettent ainsi de retenir les déchets grossiers tout en laissant passer l'effluent (Memento degremont de SUEZ, s. d.). Les déchets accumulés à leurs surfaces sont ensuite retirés manuellement lors du nettoyage des planchers.

La deuxième technologie de prétraitement consiste au tamisage. Cette méthode de traitement correspond à un appareil équipé de grille ou de tôles perforées. Au même titre que le dégrilleur, il permet le retrait de particules, à la différence qu'il retient des matières plus fines, les MES d'une grosseur entre 0,15 et 6 mm. Cependant, le principe de traitement est le même, les eaux usées parviennent au tamis à la surface duquel les matières s'accumulent. Différentes méthodes existent pour recueillir et éliminer les particules retenues. De façon générale, les tamis sont munis de jets d'eau ou d'un dispositif de raclage. Ils peuvent aussi être équipés d'un dispositif de vibration. (Memento degremont de SUEZ, s. d.; J. Laperrière, notes de cours, 10 Janvier 2017, voir annexe 1)

Trois tamis s'observent beaucoup dans l'industrie agroalimentaire au Québec, soit le tambour et tamis rotatif à alimentation intérieure (figure 4.1), le tambour et tamis rotatif à alimentation extérieure (figure 4.2) et le tamis tangentiel (figure 4.3).

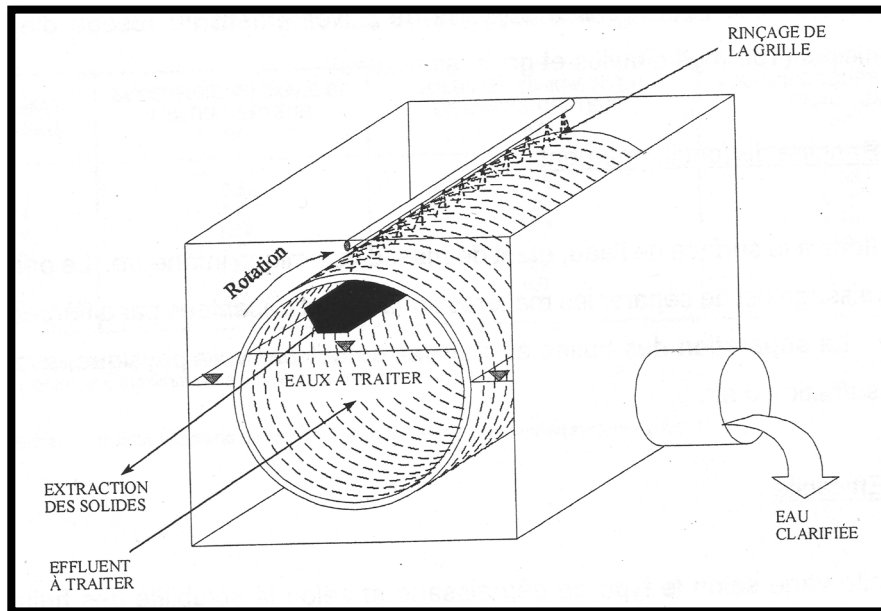


Figure 4.1 Tambour et tamis rotatif à alimentation intérieure (tiré de : MDDEP, 1999)

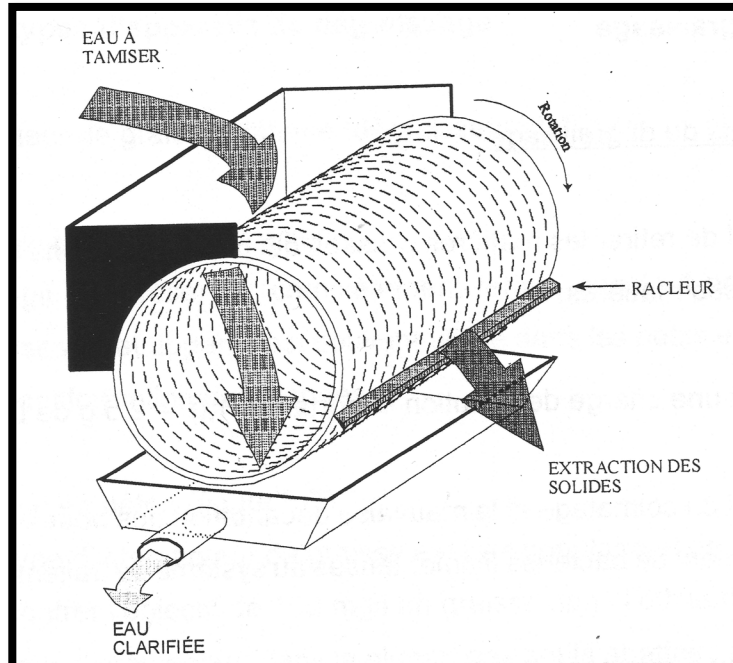


Figure 4.2 Tambour et tamis rotatif à alimentation extérieure (tiré de : MDDEP, 1999)

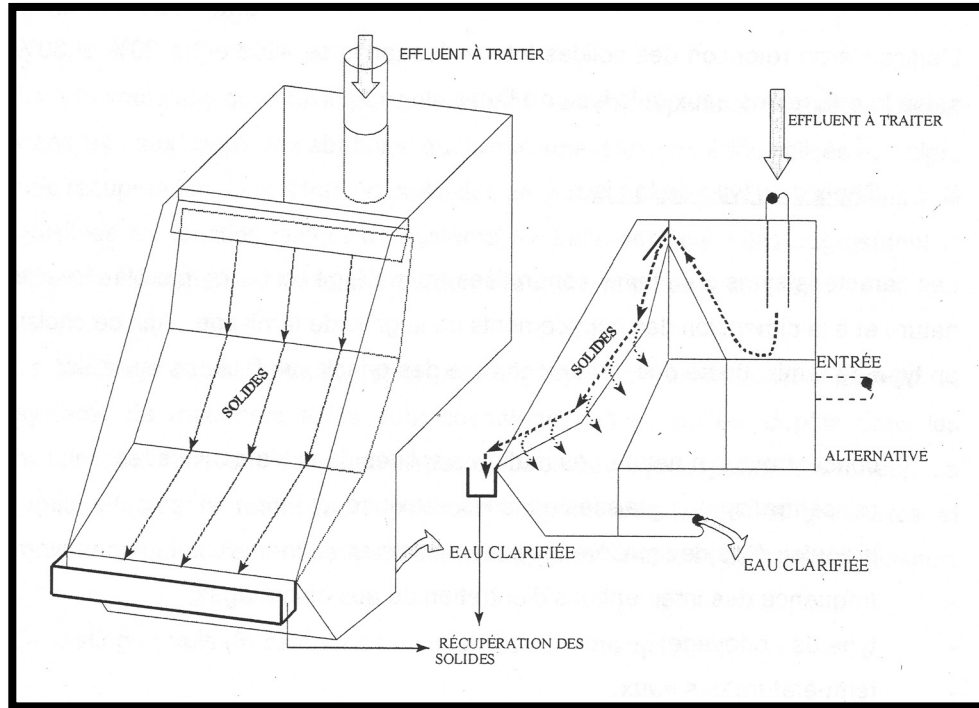


Figure 4.3 Tamis tangentiel (tiré de : MDDEP, 1999)

4.2.2. Traitement primaire

De façon générale, la majorité des établissements d'abattages possèdent cette étape de traitement. Au Québec, cinq technologies de ce genre existent et sont utilisées pour des raisons diverses. Elles peuvent être observées séparément ou en combinaison, selon le type d'effluent à traiter et selon les normes applicables.

Premièrement, l'intercepteur de graisse statique est parfois noté. Cet appareil ressemble à un bassin fermé en acier ou en béton muni de plusieurs cloisons (figure 4.4). Il est particulièrement utile pour le retrait des huiles et des graisses dans les petits abattoirs. Lorsque l'effluent circule à travers l'intercepteur, celui-ci se heurte aux cloisons, ce qui entraîne le blocage des huiles et des graisses qui se retrouvent invariablement à la surface de l'effluent. Elles causent également une décantation de certaines MES. Un nettoyage fréquent de cet équipement est donc nécessaire étant donné l'accumulation de déchets qu'il entraîne. (MDDEP, 1999; Centre National d'Innovation pour le Développement durable et l'Environnement dans les Petites entreprises [CNIDEP] et Chambre de Métiers et de l'Artisanat [CMA], s. d.a; J. Laperrière, conversation téléphonique, 20 novembre 2017, voir annexe 1)

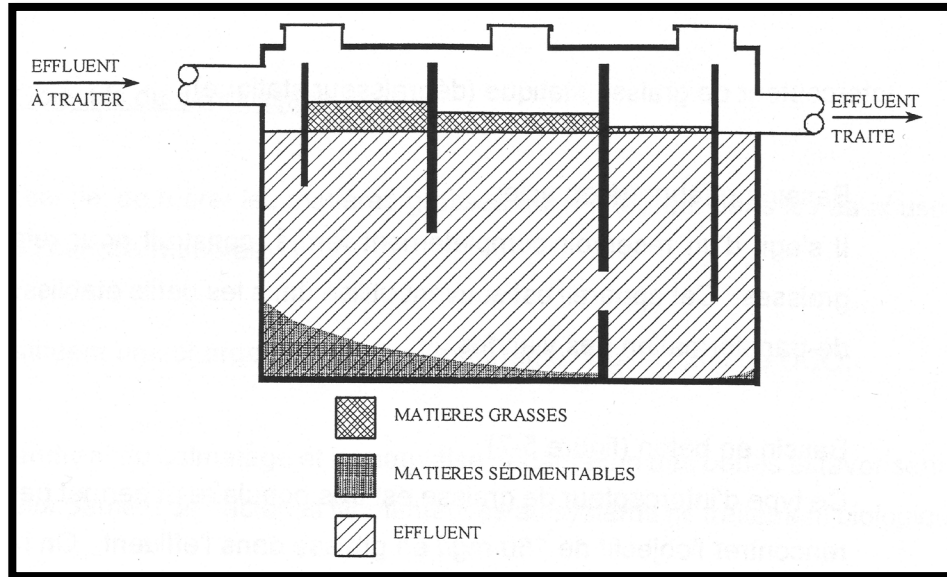


Figure 4.4 Intercepteur de graisse statique (tiré de : MDDEP, 1999)

Deuxièmement, certains abattoirs vont se doter d'un décanteur. Cette installation ressemble à un gros bassin sans cloisons dans lequel l'effluent est mis au repos pour permettre la précipitation des MES et la flottaison des huiles et des graisses. Cette méthode de traitement permet de retirer entre 70 et 90 % des MES et de réduire entre 30 et 40 % de la DBO₅. Dans ce secteur d'activité, le décanteur est majoritairement mécanisé (figure 4.5). Dans ce cas, le bassin est muni de deux racleurs permettant de recueillir en continu les matières accumulées au fond et celles qui se retrouvent à la surface. (Bernier, 2012; Vandermeersch, 2006)

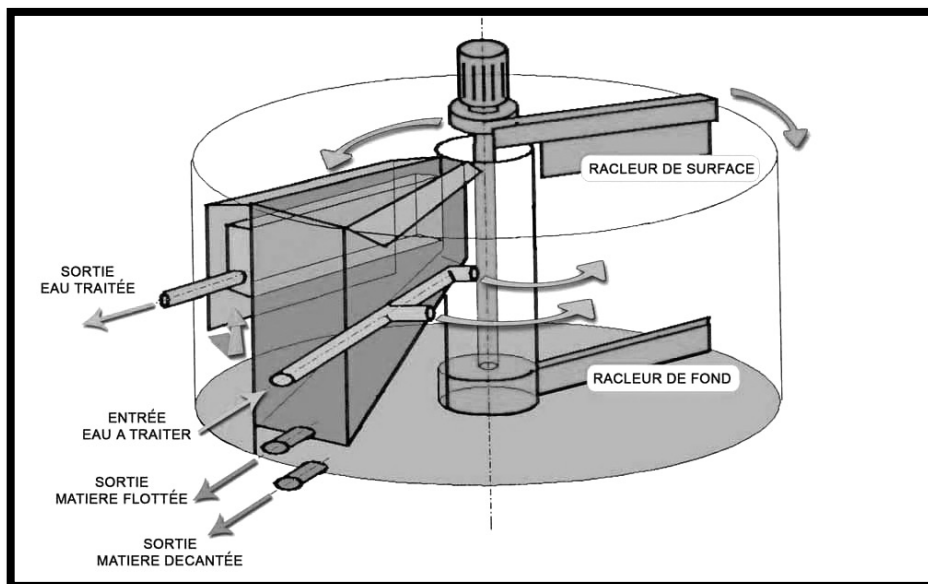


Figure 4.5 Décanteur mécanisé (tiré de : PUROSTAR France, 2009)

Troisièmement, la flottation à air dissous (DAF) est une technologie très observée au Québec. Cet appareil permet, tout comme les précédents, un dégraissage et un déshuilage, c'est-à-dire la séparation des graisses et des huiles de l'effluent. Son fonctionnement est basé sur le fait que ces deux éléments possèdent une densité inférieure à celle de l'eau. Ainsi, ils s'accumulent à la surface de façon naturelle. Dans le but d'accélérer le processus, l'appareil opère une flottation assistée. Celle-ci est, dans la plupart des cas, effectuée à l'aide d'un ballon de pressurisation ou d'une pompe de maintien en pression qui génère un effluent riche en microbulles (figure 4.6). Cet effluent est injecté dans l'unité de flottation afin d'accélérer le processus de flottaison. Lorsque les huiles et les graisses se retrouvent à la surface de l'effluent, celles-ci peuvent alors être récoltées à l'aide d'un racloir pour être ensuite accumulées avant leur élimination. Cette technologie de traitement permet le retrait de 90 à 95 % des H&G_{tot}, MES et de la DBO insoluble. Bien souvent, l'appareil mis en place permet également un dessablage, c'est-à-dire la récupération des matières lourdes comme le sable qui, par l'action de la gravité, se déposent au fond de l'effluent en traitement. À ce moment, une pompe d'aspiration ou un racloir est installé au fond du bassin de dégraissage et déshuilage. (Memento degremont de SUEZ, s. d.; J. Laperrière, notes de cours, 10 Janvier 2017, voir annexe 1; Ville de Saint-Jean-sur-Richelieu, 2011; Vandermeersch, 2006; H2FLOW ÉQUIPMENT INC, s. d.)

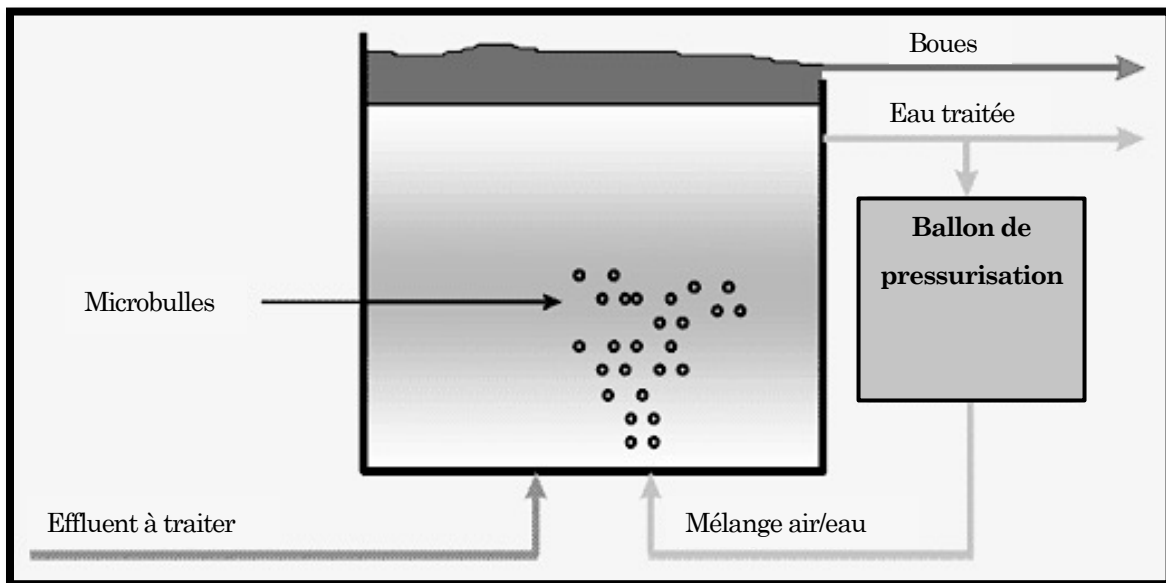


Figure 4.6 Schéma explicatif d'une unité de flottation (tiré de : CNIDEP et CMA, s. d.b)

Quatrièmement, le traitement physico-chimique est souvent utilisé dans les établissements d'abattage. Ce dernier s'effectue par une coagulation et une floculation qui, dans le cas des abattoirs, permet de traiter les matières organiques colloïdales. La floculation correspond à l'ajout d'un agent floculant qui entraîne la formation de « flocs », c'est-à-dire d'amas de MES et de colloïdes. La coagulation, quant à elle, agit sur les forces de répulsion électrostatiques présentes entre les matières colloïdales. Ainsi, l'ajout d'un coagulant avant la floculation permet de déstabiliser ces forces et donc, de faciliter la formation des

« flocs ». Le tableau 4.3 présente les différents agents de coagulation et de floculation souvent utilisés. (J. Laperrière, notes de cours, 10 Janvier 2017, voir annexe 1; Ville de Saint-Jean-sur-Richelieu, 2011)

Tableau 4.3 Présentation des produits chimiques utilisés pour réaliser la coagulation et la floculation (tiré de : J. Laperrière, notes de cours, 10 Janvier 2017, voir annexe 1)

Produit chimique	Formule
Alun (Sulfate d'aluminium)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ⁽¹⁾
Sulfate ferreux	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Chaux	$\text{Ca}(\text{OH})_2$
Chlorure ferrique	FeCl_3
Sulfate ferrique, polymère (cationique, anionique ou neutre)	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

⁽¹⁾ 13 à 18 H₂O

Ces deux réactions sont effectuées dans un bassin muni d'agitateurs qui permettent de bien répartir les produits chimiques dans les eaux usées à traiter. Dans le cas d'un abattoir, le traitement physico-chimique est effectué, la plupart du temps, en amont d'une unité de flottation. Cette technologie de traitement permet de réduire le P_{tot}, la DBO₅ en plus des MES. (Memento degremont de SUEZ, s. d.; J. Laperrière, notes de cours, 10 Janvier 2017, voir annexe 1)

Cinquièmement, pour assurer l'efficacité de l'ensemble du traitement et éviter de surdimensionner les équipements, il est parfois nécessaire de mettre, en tête du traitement, un bassin de régularisation ou égalisateur. Ce dernier permet de fournir un débit constant au système de traitement, et cela, malgré les variations de productions et de lavages de l'usine. Ainsi, le bassin d'égalisation accumule l'effluent brut et ne fait passer qu'un débit contrôlé vers la suite du traitement. La grandeur du bassin et le débit de contrôle sont prédéterminés en fonction des quantités d'eaux usées générées et selon la durée de traitement désiré. En effet, certains établissements égalisent le débit sur une seule journée alors que d'autres le font sur une semaine. Ensuite, étant donné que le bassin de régularisation est seulement un bassin de transition, celui-ci est muni d'aérateurs ou d'agitateurs afin de réduire au minimum les dépôts et les odeurs. Or, une accumulation de boues s'observe tout de même et c'est pourquoi cette installation est souvent munie d'un racleur permettant leurs retraits. Cette technologie de traitement est particulièrement utile dans le milieu agroalimentaire, car celui-ci utilise des produits acides et basiques pour l'entretien des équipements et que le bassin de régularisation contribue à leur neutralisation. De plus, cette installation permet de réduire la charge organique de l'effluent grâce à l'oxygénation de l'eau qu'elle entraîne, accélérant de ce fait le processus de décomposition par les microorganismes. Ainsi, la présence d'un bassin de régularisation permet de réduire la complexité et les dimensions des installations de traitement qui y sont annexées. (MDDEP, 1999)

4.2.3. Traitement secondaire

Cette étape du procédé permet un traitement biologique de l'effluent. Son usage est partagé à travers l'industrie et cela s'explique premièrement par la variation des besoins en traitement et deuxièmement par les coûts élevés reliés à l'installation, l'opération et la maintenance de ces équipements. Dans les abattoirs du Québec, les types de traitements observés sont aérobies et permettent une diminution des MES, du P_{tot} , du NtK et de la DBO₅.

Tout d'abord, il existe le traitement classique par boues activées ou réacteur biologique conventionnel. Ce système utilise une culture libre de bactéries pour dégrader les substances polluantes contenues dans l'effluent et générer des boues. L'installation conventionnelle est divisée en deux étapes de procédés (figure 4.7). La première correspond à un bassin d'aération munie de mélangeurs mécaniques qui, par leurs actions, contribuent au processus biologique en entraînant une oxygénation de l'eau. La deuxième étape est une décantation secondaire ou clarification qui permet l'accumulation des boues au fond du décanteur et la récupération de l'eau traitée en surface. L'installation est la même que pour le décanteur primaire à l'exception de son positionnement dans le système de traitement des eaux usées. (Bernier, 2012; BEI ERE, 2013)

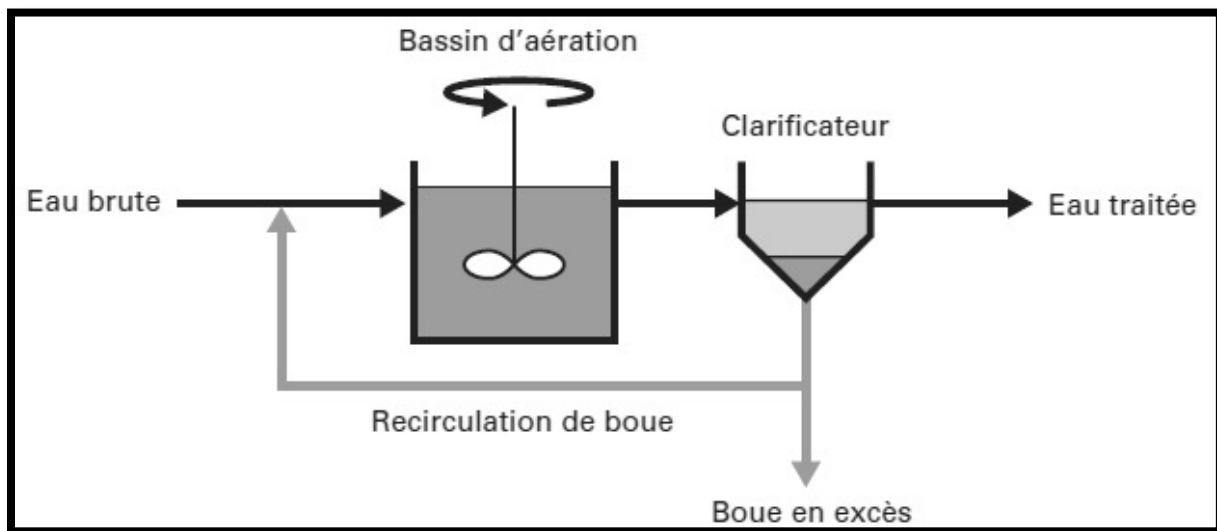


Figure 4.7 Schéma explicatif d'un réacteur biologique conventionnel (tiré de : Memento degremont de SUEZ, s. d.)

L'autre type de réacteur biologique à culture libre de bactéries qui est utilisé au Québec est le réacteur biologique séquentiel (RBS) (figure 4.8). Celui-ci fonctionne sur le même principe que la technologie précédente, c'est-à-dire sur la dégradation des matières polluantes à l'aide de microorganismes. La différence est que les deux étapes de procédés sont effectuées au sein du même bassin. Pour ce faire, une séquence est établie et comporte cinq phases soit; le remplissage, la réaction, la décantation, le soutirage du surnageant et le repos. Cette installation innovante permet de retirer plus de 95 % de la

DBO₅ et de réduire entre 75 et 98 % les MES. Elle diminue également la concentration de P_{tot} et les composés azotés. (Bernier, 2012; MDDEP, 1999; Premier Tech, 2016)

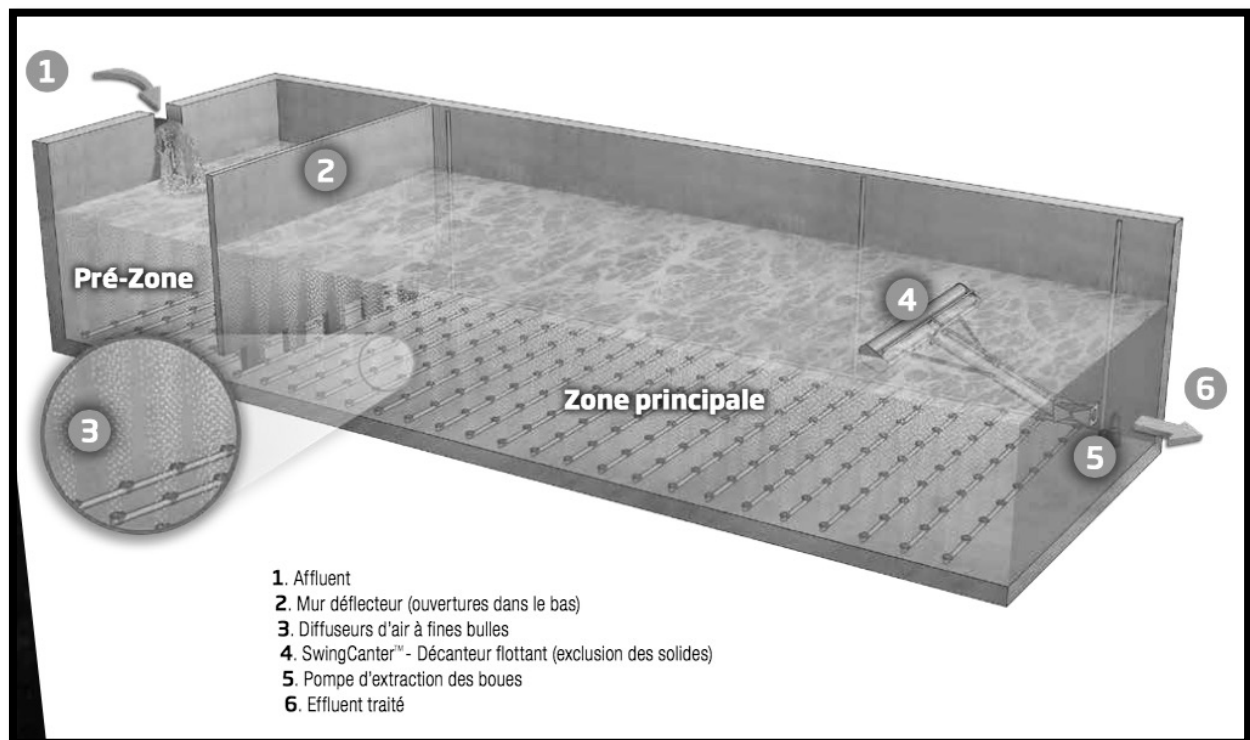


Figure 4.8 Réacteur biologique séquentiel (tiré de : Premier Tech, 2016)

Ensuite, le réacteur biologique membranaire (MBR) correspond au dernier type de réacteur biologique à culture libre de bactéries observé dans les abattoirs. Cette technologie ressemble au réacteur biologique conventionnel, toutefois les étapes de procédé sont différentes. En effet, un tamisage est réalisé en amont du réacteur et une filtration membranaire est effectuée en aval. De plus, dans le cas d'une absence de bassin de régularisation et d'une forte variation de débit d'eaux usées, un bassin tampon est installé à la suite du tamis. Ce faisant, il permet de contenir l'effluent durant le traitement d'une partie de ce dernier. Deux types de réacteurs biologiques membranaires existent. Le premier est dit « à boucle externe » étant donné que la filtration membranaire est effectuée dans un bassin juxtaposé à celui du réacteur (figure 4.9). Le second est, quant à lui, qualifié comme étant à « membranes immergées », c'est-à-dire que la filtration membranaire se fait à même le réacteur (figure 4.10). Cette technologie de traitement est particulièrement intéressante, car elle permet une épuration de l'eau qui, combinée avec une désinfection, la rend potable pour la consommation. Certains établissements se dotent de membranes organiques, permettant ainsi la formation d'une culture mixte. Cette dernière permet une biofiltration qui entraîne l'élimination de 98 % et plus de la pollution carbonée. (Bernier, 2012; Premier Tech, 2011; Seyhi, Droguil, Buelna, Blais et Heran, 2011; Memento degremont de SUEZ, s. d.)

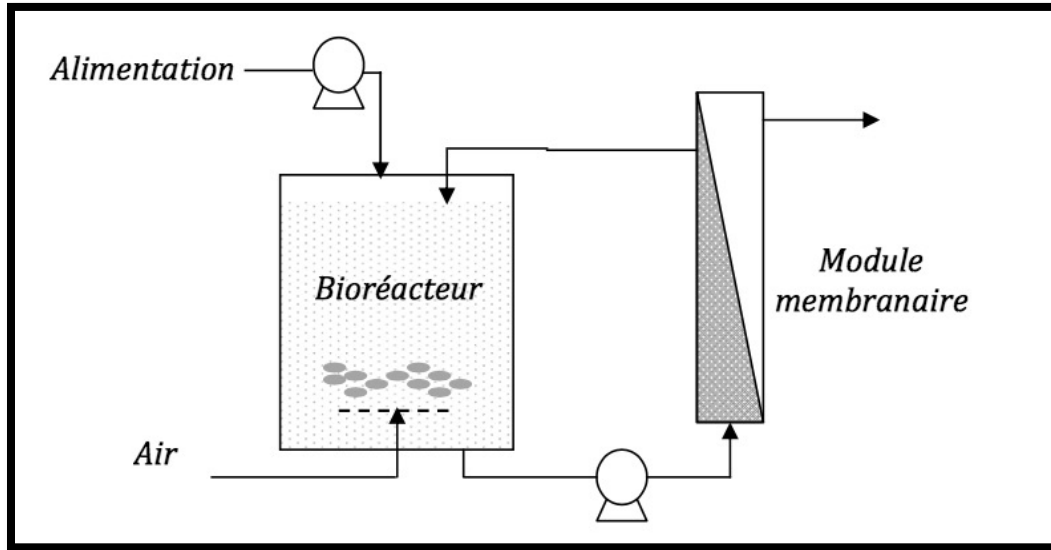


Figure 4.9 Réacteur biologique à boucle externe (tiré de : Delgado Zambrano, 2009)

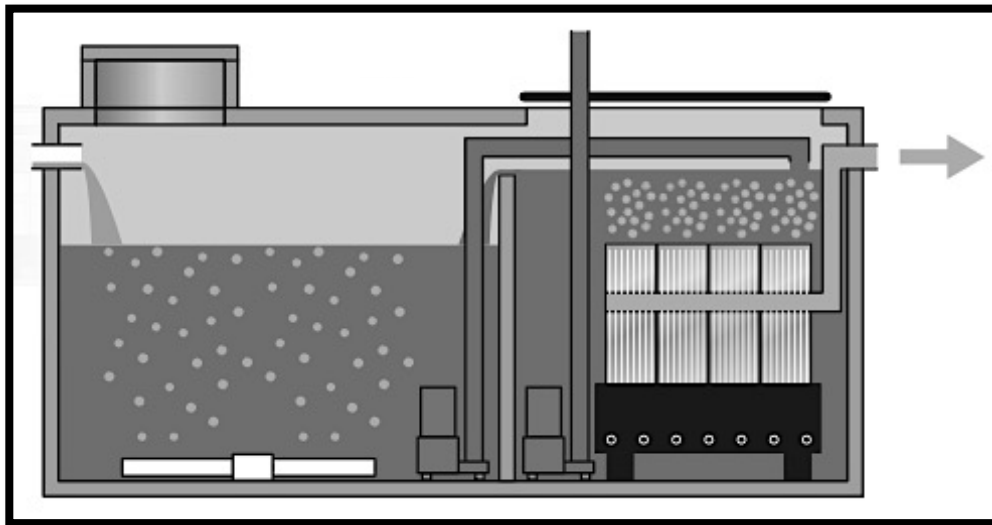


Figure 4.10 Réacteur biologique à membrane immergée (tiré de : Premier Tech, 2011)

Les abattoirs du Québec peuvent également se doter de réacteurs biologiques à culture fixe. Cette technologie suit le même principe que les réacteurs biologiques à culture libre à la seule exception qu'ils possèdent un support à culture. Ce support constitue un milieu propice à la fixation des microorganismes présents dans le réacteur biologique et est qualifié de lit bactérien ou « biofilm ». Cette méthode de traitement permet de réduire la DBO_5 , le P_{tot} , le NtK et les MES.

Trois types d'installation sont possibles. La première correspond au réacteur biologique à lit mobile aussi appelé réacteur biologique à média en suspension (MBBR) ou réacteur biologique à cultures fixées fluidisées (figure 4.11).

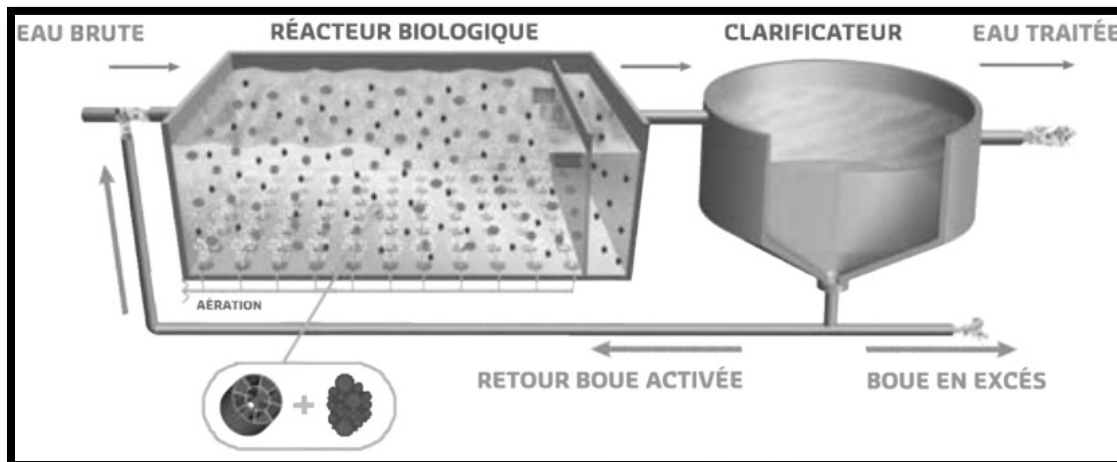


Figure 4.11 Réacteur biologique à lit mobile (tiré de : Memento degremont de SUEZ, s. d.)

Le réacteur biologique à lit mobile est muni de plusieurs lits bactériens nichés sur des supports mobiles qui permettent de protéger les cultures tout en les maintenant en suspension. Ces derniers correspondent à de petits supports de plastique en forme d'alvéole. Sous l'effet du brassage ou de l'aération, les supports de cultures fixes se promènent dans l'effluent en traitement, ce qui contribue à la biodégradation des matières organiques présentes en suspension. Par la suite, l'effluent est transféré dans un clarificateur dans le but de faire décanter et de retirer les boues dont une partie est redirigée vers le réacteur biologique pour un deuxième traitement. Cette installation peut également être combinée avec un réacteur biologique à membrane externe. (Canler, Perret et Choubert, 2012; Memento degremont de SUEZ, s. d.; Veolia Water Technologies, 2014)

La deuxième installation à culture fixe est un réacteur biologique à film fixé aéré submergé, aussi appelé biofor aéré. Cette technologie correspond à une biofiltration. Pour y arriver, le bassin est muni d'un support à microorganisme immobile, aussi connu sous le nom de biolite. Il peut être composé d'argile expansée appliquée sur un support ou bien de polystyrène expansé flottant. Son fonctionnement est basé sur le maintien d'un flux ascendant d'eau et d'air qui permet une optimisation du traitement. Dans le cas de l'argile expansée, l'effluent à traiter arrive par le bas du réacteur, traverse les busettes (buselure) qui sont situées dans la couche support et passe ensuite à travers le biolite (figure 4.12). Le biofor peut être aéré ou non. Dans le cas d'une aération, le réacteur est équipé d'Oxazur, c'est-à-dire de diffuseurs d'air. Ceux-ci sont, dans le cas d'un biolite d'argile expansée, située dans la couche de support, à la suite des busettes. Leurs insertions permettent un meilleur enlèvement de la DBO₅ et du NtK. (Memento degremont de SUEZ, s. d.; Aubry, 2003)

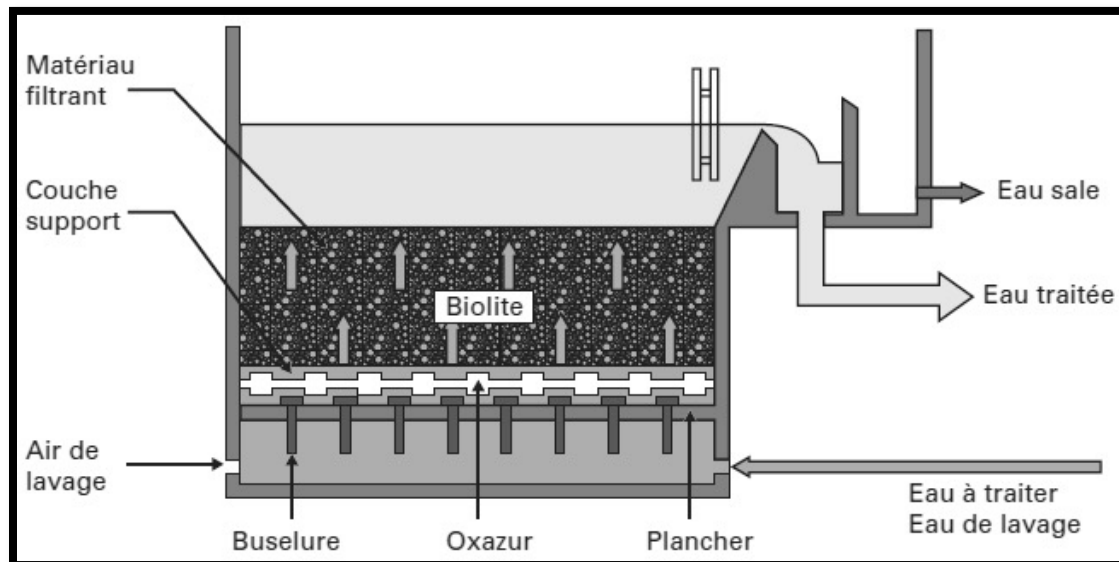


Figure 4.12 Biofor aéré (tiré de : Memento degremont de SUEZ, s. d.)

Finalement, la troisième technologie de traitement à culture fixe est un réacteur biologique rotatif ou réacteur biologique à biodisques (figure 4.13). Ce dernier est équipé de plusieurs supports bactériens ou biodisques installés côte à côte et semi-immergés fonctionnant en rotation lente. Ce faisant, les microorganismes à la surface du support sont mis en contact avec l'effluent et l'air ambiant en alternance. Ce type d'installation facilite donc la prolifération des bactéries sur le support en plus du maintien de cette biomasse. (Vignes, 2007; AQUA Corp., s. d.; Memento degremont de SUEZ, s. d.)

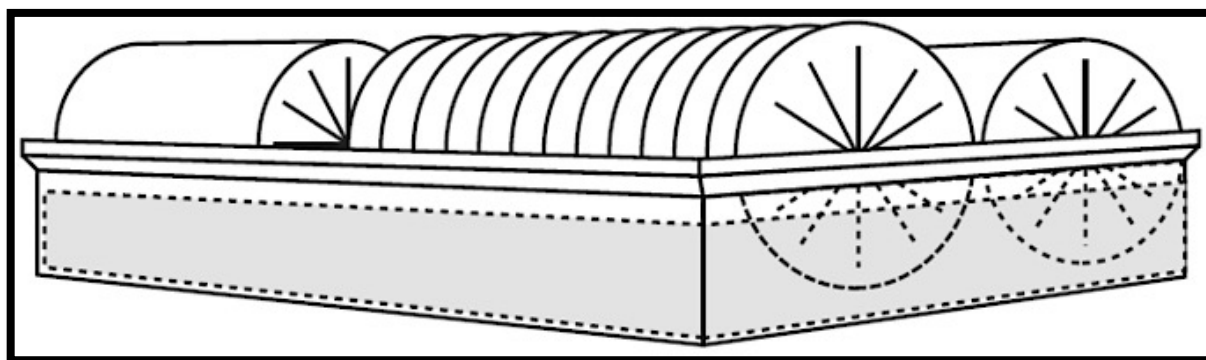


Figure 4.13 Réacteur biologique à biodisques (tiré de : Memento degremont de SUEZ, s. d.)

4.2.4. Traitement tertiaire

Les traitements tertiaires sont rarement utilisés dans les abattoirs du Québec étant donné qu'ils sont dispendieux, ce qui fait en sorte que leurs usages s'observent seulement lorsque nécessaire. De façon générale, l'installation d'équipement de ce genre est effectuée dans le but de réduire des paramètres spécifiques de l'effluent. Toutefois, dans des cas très rares, cette étape de traitement peut être employée afin de constituer une technologie propre. En effet, certaines technologies permettent d'épurer l'eau

jusqu'à permettre son recyclage dans l'usine. Cette technique sera cependant abordée dans le prochain chapitre.

Ainsi, il existe deux équipements qui peuvent s'appliquer à ce secteur agroalimentaire lorsque les besoins l'exigent. La première technologie de traitement tertiaire correspond à la déphosphatation, c'est-à-dire la précipitation du phosphore. Bien que les étapes du traitement physico-chimique et biologique permettent de réduire la concentration de P_{tot} , il est parfois nécessaire, pour certains établissements, de se munir d'une technologie supplémentaire pour le traiter. La déphosphatation réalisée en traitement tertiaire utilise une méthode physico-chimique. Cette technologie nécessite l'emploi d'un réactif qui rend insoluble le phosphore et génère sa précipitation. Ce dernier est un sel métallique qui peut être à base de fer (chlorure ferrique, chlorosulfate, sulfate ferreux, etc.), à base d'aluminium (sulfate d'aluminium, aluminat de sodium, polymère d'aluminium, etc.) ou à base de calcium (généralement de la chaux). Cette étape peut être effectuée de deux différentes façons. La première consiste en une précipitation simultanée qui est effectuée par l'injection du réactif durant le processus d'aération déjà présent dans le système de traitement des eaux usées. Ce faisant, la déphosphatation peut être implantée lors de la décantation primaire ou lors du traitement biologique. La seconde correspond à l'aménagement d'un bassin muni d'aérateur ou d'agitateur avec une installation permettant le retrait des boues. Ainsi, les aérateurs ou les agitateurs sont actionnés lors de l'injection du réactif pour être ensuite arrêtés lors de la phase de décantation. Le bassin peut également être équipé de filtres aux sables ou de membranes afin d'optimiser le retrait du phosphore. (BEI ERE, 2015; Schneider, 2014)

Une deuxième technologie pouvant être observée dans les abattoirs sert à la réduction des nitrates dans l'effluent. Ce dernier est obtenu suite à la nitrification de l'azote qui s'effectue lors du traitement biologique. Sachant que le nitrate contribue à l'eutrophisation des cours d'eau, il est parfois nécessaire d'appliquer un traitement supplémentaire pour réduire sa concentration dans les eaux usées des abattoirs. Bien qu'il existe plusieurs technologies permettant une dénitrification de l'effluent, les établissements d'abattage animal du Québec qui font face à ce problème se tournent plutôt vers une solution plus simple, une modification du cycle de fonctionnement du réacteur biologique séquentiel. En effet, ceux-ci vont simplement augmenter les temps d'arrêt dans le but d'augmenter la phase anaérobie du traitement. (J. Laperrière, conversation téléphonique, 15 novembre 2017, voir annexe 1; BEI ERE, 2009; J. Desroches, échange de courriels, 16 novembre 2017, voir annexe 1)

4.2.5. Traitement des boues

Au cours des étapes du traitement des eaux usées, des matières résiduelles sont retirées de l'eau et se retrouvent sous forme de boues. Dans certains cas, ces boues vont subir un traitement dans le but de réduire leur volume ou leur poids avant d'être expédiées à l'élimination. Pour ce faire, trois technologies de traitement existent.

Tout d'abord, l'épaississement des boues permet de retirer une portion des eaux usées qu'elles contiennent. Cette méthode peut être réalisée par la flottation ou par la gravité. Dans le cas d'une flottation, une injection de gaz est effectuée, permettant ainsi une séparation de la phase liquide et de la phase solide. Dans le cas de la gravité, les boues peuvent dans certains cas être placées dans un silo positionné au-dessus d'une table d'égouttage ou d'une toile semi-perméable. Dans d'autres cas, elles peuvent simplement être placées dans un décanteur ou dans un étang. Les boues obtenues ont alors une siccité de 4 à 6 %. (Actu-Environnement, 2010)

Par la suite, les boues peuvent subir une déshydratation. Cette méthode de traitement peut être effectuée par filtration ou par centrifugation. Le principe de la filtration est de presser les boues à travers un filtre dans le but d'en faire sortir le liquide. Il existe deux types de filtration, soit la filtration sur bandes pressantes, permettant d'atteindre une siccité de 20 %, et la filtration sous pression qui donne une siccité de 30 à 45 %. Le principe de la centrifugation, quant à lui, est de séparer la portion liquide de la portion solide par l'action d'un cylindre effectuant des rotations à grande vitesse (figure 4.14). Ce genre d'appareil permet d'atteindre une siccité entre 18 et 25 %. L'ajout d'un flocculant organique de synthèse (polyélectrolytes) ou d'un flocculant minéral (chaux, sels de fer ou d'aluminium) est parfois effectué pour faciliter l'épaississement ou la déshydratation des boues. (Cerra, Desagnat, Dubart, Juven, Zhou et Ziani, 2014, Actu-Environnement, 2010)

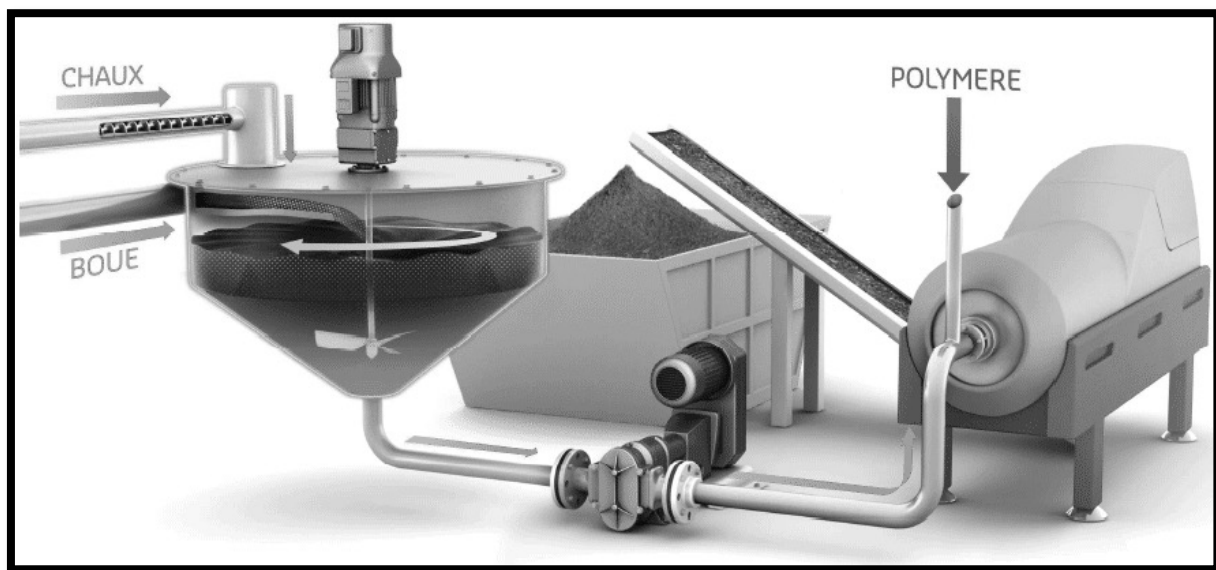


Figure 4.14 Déshydratation des boues par centrifugation avec ajout de chaux et de polymère (tiré de : Suez-environnement et Degremont, s. d.)

Finalement, une autre méthode peut être utilisée pour déshydrater les boues, soit le séchage. Celle-ci consiste à assécher les boues afin d'atteindre une siccité entre 70 et 80 %. Pour y arriver, elles sont chauffées afin d'entraîner une évaporation de l'eau. Plusieurs techniques existent, tels que le séchage solaire dans des serres. (Actu-Environnement, 2010)

4.3. Situation du Québec

La majorité des abattoirs du Québec possède des installations de traitement des eaux usées. Il demeure néanmoins que les technologies utilisées ainsi que la complexité des ouvrages varient grandement. Comme il est mentionné précédemment, la sélection d'un système de traitement est effectuée en considérant les paramètres de l'effluent à traiter ainsi que les exigences reliées aux normes applicables. Ces dernières sont déterminées en fonction du type de rejet effectué. Ainsi, la réalité des établissements qui déversent dans le milieu naturel (hors réseau) est nettement différente de celle des établissements qui déversent dans le réseau d'égout municipal (en réseau). En effet, en ce qui a trait aux abattoirs hors réseau, le système de traitement installé dépend du MDDELCC. Celui-ci effectue des analyses de « cas par cas » afin d'établir les normes de rejets. Ces analyses sont réalisées de façon autonome à travers les différentes directions régionales du MDDELCC avec des consultations occasionnelles à la centrale. Pour ce qui est des abattoirs en réseau, l'aménagement d'un système de traitement et sa composition dépendent des exigences fixées par la municipalité à travers ses normes de rejets, ou selon l'entente industrielle qu'elle a établie avec l'industrie. Lorsque l'installation d'un traitement de son effluent est nécessaire, l'établissement d'abattage consulte alors le MDDELCC pour obtenir un certificat d'autorisation. (M. Poirier et J. Laperrière, rencontre téléphonique, 20 octobre 2017, voir annexe 1)

Au regard de ces particularités, il n'est malheureusement pas possible de connaître la proportion d'abattoirs qui sont hors réseau de ceux qui sont en réseau. Il est également impossible de dresser l'inventaire des équipements de traitement des eaux usées mis en place. De plus, un portrait global des pressions exercées par l'ensemble de ce secteur d'activité sur le milieu aquatique ne peut pas être dressé. Le MDDELCC travaille toutefois à améliorer la transmission et la gestion des données d'autosurveillance par les exploitants industriels. Cette amélioration permettra, à terme, de simplifier le suivi de la conformité des systèmes de traitement, de référencer l'ensemble des installations et d'évaluer l'impact que chacun des secteurs d'activités a sur l'environnement. (M. Villeneuve, conversation téléphonique, 2 novembre 2017, voir annexe 1)

Cependant, suite à une récolte d'information menée auprès de ressources primaires, soit le MDDELCC et un échantillon des 12 plus gros producteurs de viande bovine, porcine et de volaille du Québec, il est apparu qu'un plus grand nombre d'abattoirs rejettent dans les réseaux d'égouts municipaux. En effet, cinq d'entre eux rejettent leurs effluents dans le milieu naturel alors que les sept autres rejettent dans le réseau d'égout municipal. La plupart des abattoirs raccordés au réseau de la ville possèdent une entente industrielle avec la municipalité réceptrice. Quoi qu'il en soit, chacun des 12 abattoirs contactés possède un système de traitement des eaux usées dans leurs établissements. De façon générale, ces derniers possèdent un prétraitement avec traitement primaire puis dans quelques cas, ceux-ci possèdent aussi un traitement secondaire. La complexité des traitements mis en place concorde avec le type de rejet. En effet, les établissements qui rejettent dans le milieu naturel sont généralement ceux qui possèdent des

installations plus développées, soit la combinaison d'un prétraitement avec traitement primaire et secondaire.

Année après année, le MDDELCC augmente ses exigences de rejets. Il est donc de plus en plus rare d'observer un abattoir qui déverse son effluent sans d'abord le traiter. Conséquemment, une particularité est apparue en ce qui concerne les petits abattoirs. Ceux-ci font aujourd'hui face à la difficulté de respecter les normes de rejets tout en restant concurrentiels sur le marché alimentaire. En effet, les petits abattoirs, qui possèdent un taux de production faible, sont de moins en moins en mesure d'assumer les coûts reliés aux exigences imposées concernant les installations de traitement des eaux usées. Faute de pouvoir augmenter les prix, ceux-ci se voient donc contraints d'augmenter leur production sans quoi ils feront face à une fermeture. Étant donné les dépenses financières et la complexité administrative que représente une augmentation de la production d'une petite usine d'abattage animal, un grand nombre de ces établissements sont forcés de fermer leurs portes. Cette particularité constitue l'une des nombreuses causes pouvant expliquer la raison des 26 fermetures survenues depuis 2013 (Herry, 2013). Cette situation a pour effet d'avantager les grands abattoirs sur le marché québécois. (M. Poirier et J. Laperrière, rencontre téléphonique, 20 octobre 2017, voir annexe 1)

5. TECHNOLOGIES PROPRES AU QUÉBEC

L'ensemble des mesures à prendre pour se conformer aux normes de rejets représente des coûts considérables. Toutefois, sachant que ces coûts fluctuent en fonction de la charge polluante et de la quantité d'eaux usées générées, plusieurs établissements d'abattage implantent des technologies propres. Celles-ci correspondent à la mise en place de mesures internes basées sur le changement des méthodes, ou encore à des modifications de procédures ou d'équipements. Elles visent, dans un premier temps, une économie d'eau et, dans un deuxième temps, une réduction de la charge polluante. (MDDEP, 1999)

Bien qu'il soit impossible pour un abattoir de réaliser son activité sans produire d'effluent, il est cependant possible de réduire sa consommation d'eau au strict minimum (MDDEP, 1999). Cette même observation est faite en ce qui a trait à la charge polluante. Le présent chapitre portera donc sur les diverses technologies propres qui peuvent être mises en place dans un abattoir.

5.1. Réduction de la consommation d'eau

L'économie d'eau est l'une des premières stratégies employées pour réduire les coûts de maintenance dans une usine d'abattage. En effet, celle-ci est particulièrement utile pour réduire la quantité d'eaux usées à traiter et donc, contribue à alléger le système de traitement des effluents de l'établissement.

Le directeur responsable qui désire surveiller sa consommation d'eau peut effectuer un tour de l'établissement afin de noter des éléments à corriger. Ces observations peuvent être de simples éclaboussures répétitives ou des planchers mouillés en permanence. Elles peuvent aussi être représentées par des boyaux qui fuient ou qui sont ouverts sans raison. Ces détails qui peuvent facilement être corrigés représentent un potentiel d'économie d'eau non négligeable. Par la suite, le directeur de l'usine peut procéder à une mesure de la quantité totale d'eau utilisée par chaque étape du procédé d'abattage. Il peut alors déterminer les aires de travail qui génèrent le plus d'effluents pour ensuite les cibler dans sa stratégie d'économie d'eau. (MDDEP, 1999)

Les actions et les modifications de procédés ou d'équipements visant une réduction de la consommation d'eau peuvent être très variées à travers les établissements d'abattage du Québec et sont présentées dans cette section.

5.1.1. Programme de gestion de l'eau

Dans le but de concrétiser leur désir d'effectuer une économie d'eau, les abattoirs du Québec mettent parfois en place des programmes de gestion de l'eau. L'efficacité de telles mesures dans la réduction de la consommation d'eau varie de 8 à 40 %. Quoi qu'il en soit, ces programmes ont pour but d'instaurer des stratégies de contrôle et de rationnement qui se manifestent par des changements opérationnels et organisationnels à l'échelle d'une division de l'usine ou de l'établissement en entier. (MDDEP, 1999)

Les objectifs sont variés. Ils peuvent viser, tout d'abord, une modification des méthodes de fonctionnement. La plus fréquente consiste à optimiser le nettoyage des aires de travail et des équipements. Pour ce faire, les abattoirs dotent leurs installations de distributeurs d'eau sous forte pression afin de fournir un jet d'eau efficace. Ils peuvent aussi pratiquer le nettoyage à sec, c'est-à-dire l'utilisation de balais, de pelles ou de racloirs pour retirer les déchets grossiers avant le nettoyage à l'eau. Cette méthode d'entretien est souvent instaurée dans les aires de stabulation, de réception et de saignée. La quantité d'eau nécessaire au nettoyage s'en trouve alors réduit sans pour autant diminuer l'efficacité de la tâche. Certains établissements visent également une limitation de la consommation d'eau. Dans certains cas, les actions sont plus drastiques, comme réaliser une coupure de l'alimentation en eau lors des arrêts de production. Dans d'autres cas, les actions sont plus minimalistes, telles que limiter les cycles de vidanges de l'échaudoir sans pour autant dépasser les normes sanitaires. (J. Desroches, conversation téléphonique et échange de courriels, 12 octobre 2017, voir annexe 1; MDDEP, 1999)

Ensuite, les objectifs du programme peuvent correspondre à l'ajout de matériaux de contrôle et de rationnement. Des robinets à boisseau ou à arrêt automatique ainsi que des vannes de contrôle pour les tuyaux d'approvisionnement peuvent être installés partout dans l'usine. La mise en place de tels éléments a pour effet de limiter et même d'éviter le gaspillage et les fuites d'eau inutiles. Des bacs d'entreposage peuvent aussi être installés afin de contenir les débordements d'eau sur certains équipements du procédé d'abattage, comme l'échaudoir et les refroidisseurs. (J. Laperrière, Cours ENV 788, 7 février 2017, voir annexe 1)

Finalement, les objectifs du programme peuvent être axés sur la gestion. Certains établissements d'abattage visent la sensibilisation de leurs employés dans le but de modifier leurs habitudes de consommation. Pour ce faire, ils ont généralement recours à des affiches informatives ou réalisent quelques réunions de perfectionnement. D'autres abattoirs décident aussi d'attitrer un responsable de la gestion de l'eau ou de créer un comité d'économie d'eau. Ce dernier se voit donc confier la tâche de veiller à la mise œuvre du programme de gestion de l'eau en plus de son maintien. L'utilisation de compteurs d'eau à chaque atelier de travail est également un outil de gestion utile et observable au Québec. Celui-ci permet d'effectuer un meilleur suivi de la consommation d'eau par étape du procédé d'abattage et donne donc une idée future sur les cibles à fixer. (MDDEP, 1999; J. Laperrière, Cours ENV 788, 7 février 2017, voir annexe 1)

5.1.2. Réutilisation de l'eau

Une technologie plutôt populaire consiste à reprendre les eaux usées générées dans le but de les faire repasser par la même étape de procédé. Ce faisant, son usage est optimisé à son maximum avant son élimination. Cette technologie propre est mise en place lorsque l'effluent obtenu est peu ou pas souillé. Elle est souvent appliquée aux systèmes de refroidissement à l'eau ou au transport des viscères qui seront envoyés à l'équarrissage. Dans le premier cas, l'eau qui est utilisée est maintenue dans un circuit fermé qui fait passer l'eau en boucle dans le système de refroidissement. Dans le deuxième cas, l'eau

recueillie en fin de procédé est redirigée, à l'aide d'équipements, au début de ce dernier. Certains établissements vont également récupérer l'eau semi-souillée dans le but de l'utiliser pour le lavage des cages de transport. L'usage de cette technique est cependant limité par les restrictions sanitaires imposées par l'ACIA et le MAPAQ. (MDDEP, 1999; J. Laperrière, Cours ENV 788, 7 février 2017, voir annexe 1; J. Desroches, conversation téléphonique et échange de courriels, 12 octobre 2017, voir annexe 1)

5.1.3. Refroidissement à l'air froid ou au gaz carbonique

De prime abord, le refroidissement de la viande est connu pour consommer beaucoup d'eau, particulièrement dans le cas de la volaille. Toutefois, sachant que cette étape est très importante et cruciale dans le procédé d'abattage, les établissements se tournent de plus en plus vers des technologies plus écologiques et économiques. Celles-ci correspondent au refroidissement à l'air froid ou au gaz carbonique (figure 5.1). Plusieurs appareils existent pour le secteur de l'agroalimentaire. Dans le cas de la viande animale, celle-ci est entreposée dans une chambre froide qui permet de recevoir l'ensemble de la production de la journée avant qu'elle ne soit envoyée à l'expédition (B. Martel, conversation téléphonique, 29 novembre 2017, voir annexe 1; S. Dubois, conversation téléphonique, 28 novembre 2017, voir annexe 1; J. Desroches, échange de courriel, 29 novembre 2017, voir annexe 1).



Figure 5.1 Salle de refroidissement de la volaille à l'air ou au gaz carbonique (tiré de : Friesen, 2014, 18 décembre)

L'installation d'un refroidisseur à l'air froid ou au gaz permet de réduire la consommation d'eau en éliminant complètement son usage dans le processus de refroidissement. Il permet également d'éviter que la viande ne soit gorgée d'eau et qu'une étape d'égouttage ne soit nécessaire. (MDDEP, 1999)

5.1.4. Modification de l'étape d'échaudage

Une autre technique utile pour réduire la consommation d'eau est de modifier l'étape de l'échaudage. Une technologie a été notée dans l'abattoir de porc de F. Ménard, situé à L'Ange-Gardien, et permet de remplacer les cuves d'eau nécessaires à cette étape. Celle-ci correspond au tunnel d'échaudage vertical qui est utile pour le porc, le bovin et la volaille (figure 5.2). (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la mer, 2005)



Figure 5.2 Tunnel d'échaudage vertical (tiré de : Mecanova, s. d.)

Cet équipement réalise un échaudage par le biais d'une pulvérisation d'eau chaude condensée. Le tunnel d'échaudage vertical est divisé en plusieurs compartiments qui accueillent chacun à la suite de l'autre une carcasse. Les réglages de température y sont indépendants afin de graduer le processus d'échaudage et de fournir un meilleur contrôle de la chaîne de production. Son emploi dans un abattoir d'Allemagne a démontré que cette technologie propre entraîne une réduction de 10,3 L par porc de la consommation d'eau de cette étape de procédé. (Mecanova, s. d.; Chevillon, Gault et Lhommeau, 2010)

5.1.5. Transport des viscères de volaille à sec

Le transport des viscères de volaille est généralement effectué avec de l'eau. En effet, de façon traditionnelle, l'éviscération est réalisée au-dessus d'un caniveau rempli d'eau. Ce dernier transporte les viscères qui sont ensuite grossièrement tamisés avant d'être accumulés dans le camion de transport pour l'équarrissage. Les viscères obtenus sont donc humides et l'effluent généré est très chargé en matières polluantes. Ce faisant, les coûts reliés au transport des viscères et au traitement des eaux usées s'en trouvent inutilement élevés. Au Québec, c'est la Coopérative fédérée de Québec qui a été l'instigatrice, dans les années 80, du transport des viscères à sec avec son établissement d'abattage situé à Saint-

Félix-de-Valois (MDDELCC, 1988). Son implantation avait démontré des résultats significatifs en fonction des poulets et des poules pondeuses. Lors de la production de poulets, l'établissement enregistrait une diminution de 52 % de la DBO₅, de 20 % des MES et de 43 % des H&G_{tot}. Puis, lors de la production de poules pondeuses, celui-ci notait une réduction de 72 % de la DBO₅, de 64 % des MES et de 64 % des H&G_{tot}. Bien que cet abattoir soit aujourd'hui fermé (J. Desroches, échange de courriels, 16 novembre 2017, voir annexe 1), cette technologie propre constitue une solution efficace et intéressante à mettre en place dans un abattoir de volaille. Son implantation exige cependant une modification de l'étape d'éviscération. En effet, celle-ci doit être effectuée au-dessus d'un grand entonnoir connecté à un système d'aspiration (figure 5.3). Ce dernier est constitué d'un réseau de tuyauterie maintenu sous vide qui, aidé par l'effet d'aspiration, transporte les viscères jusqu'au camion de transport destiné à l'équarrissage. (Marel Poultry, 2017; MDDEP, 1999; J. Laperrière, conversation téléphonique, 20 novembre 2017, voir annexe 1)



Figure 5.3 Système de transport des viscères par aspiration (tiré de : Dutch Poultry Technology, s. d.)

L'économie d'eau ainsi obtenue permet d'éliminer une grande partie des charges organiques présentes dans l'effluent de l'abattoir en plus de fournir des viscères beaucoup moins humides à l'équarrissage. En effet, le transport des viscères à l'eau est la plus grande source de pollution pour un abattoir de volaille, car il peut représenter jusqu'à 40 % de la charge organique rejetée à l'effluent et 25 % de la consommation d'eau. De plus, le transport à sec des viscères réduit la quantité d'eau contenue dans ces dernières. L'équarrissage dépensera, par le fait même, beaucoup moins d'énergie pour en assurer le séchage et la valorisation. (J. Laperrière, conversation téléphonique, 20 novembre 2017, voir annexe 1; MDDEP, 1999)

5.1.6. Recyclage des eaux

Le recyclage de l'eau, au même titre que la réutilisation de l'eau, permet de faire recirculer la ressource au lieu de l'éliminer. La différence demeure toutefois dans le fait que, pour le recyclage, celle-ci subit d'abord

un traitement avant d'être renvoyée dans le procédé. Cette technologie propre permet donc de réduire la consommation de l'eau à l'affluent par la réutilisation de l'eau consommée précédemment. (J. Laperrière, conversation téléphonique, 20 novembre 2017, voir annexe 1; Veolia Water Technology, 2017)

Un seul système de ce genre est recensé au Québec et correspond à un abattoir de porc d'Olymel qui se situe à Saint-Esprit. L'objectif premier de l'implantation d'une telle technologie était de réduire d'au moins 25 % la consommation d'eau de l'usine. Pour y arriver, l'établissement s'est tourné vers le recyclage de l'eau. Initialement, l'abattoir disposait d'une unité de DAF avec traitement physico-chimique en amont comme traitement primaire et d'un bioréacteur membranaire couplé d'un réacteur biologique séquentiel comme traitement secondaire (figure 5.4). La solution qui a alors été envisagée a consisté en une amélioration du système de traitement des eaux usées par l'ajout d'un traitement tertiaire permettant l'obtention d'une eau potable. (J. Desroches, échange de courriels, 16 novembre 2017, voir annexe 1; M.-A. Desjardins, conversation téléphonique, 25 août 2017, voir annexe 1)

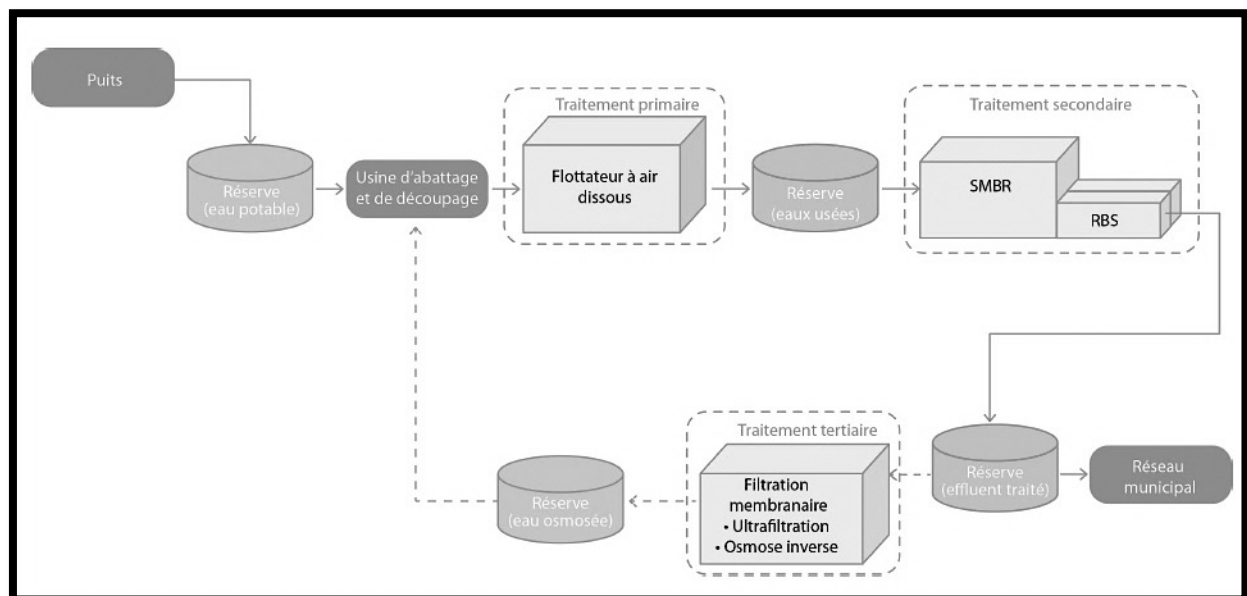


Figure 5.4 Schéma simplifié du système de réutilisation des eaux usées traitées à l'abattoir de Saint-Esprit (tiré de : Desjardins, Drouin, Desroches et Barthélémy, 2016)

La technologie mise en place correspond à une combinaison de deux méthodes de filtration au sein d'un seul bassin de filtration membranaire. La première méthode de filtration correspond à une ultrafiltration de l'effluent, c'est-à-dire une filtration permettant le retrait des particules et des microorganismes d'une taille supérieure à 0,01 micron. La deuxième méthode consiste finalement en une osmose inverse. Celle-ci correspond à une filtration permettant le retrait des particules et des microorganismes d'une taille supérieure à 0,000 1 micron. L'eau obtenue en fin de traitement est désormais stérilisée et presque totalement pure. Cependant, en guise d'assurance qualité, une étape de chloration est effectuée de façon préventive dans le but de préserver sa qualité. (Axor Experts-Conseils, 2016; Desjardins et al., 2016)

À ce jour, cette installation de traitement a fait ses preuves et permet de fournir 30 % de la consommation d'eau nécessaire pour la réalisation des activités quotidiennes de l'établissement d'abattage de Saint-Esprit. L'eau obtenue par le biais de ce traitement est constamment suivie et son usage est présentement limité. En effet, l'eau traitée est réservée à des sections spécifiques du procédé d'abattage où celle-ci n'entrera pas en contact avec la viande. (Desjardins et al., 2016; J. Desroches, échange de courriels, 16 novembre 2017, voir annexe 1)

5.2. Réduction des charges polluantes

Outre la réduction de la consommation d'eau, les établissements d'abattage peuvent également mettre en place des mesures permettant de réduire les charges polluantes de leurs effluents et donc, de diminuer les coûts reliés au traitement des eaux usées. Les éléments polluants contenus dans les rejets des abattoirs proviennent principalement du contact avec les viscères et le sang. Le directeur d'un établissement qui veut implanter de telles technologies propres peut d'abord réaliser un tour de l'usine. Il note alors des observations spécifiques, comme un débordement de sang lors de la saignée, des rejets liquides ou solides accumulés au sol ou un usage abusif de produits nettoyants. Il peut, par la suite, procéder à une mesure de la qualité des eaux usées générées par chaque étape du procédé d'abattage. Ce faisant, le directeur de l'usine peut donc déterminer les aires de travail qui libère le plus de contaminants pour ensuite les cibler dans sa stratégie de réduction des charges polluantes. (MDDEP, 1999)

Quelques actions et modifications d'équipements sont effectuées dans les établissements d'abattage du Québec dans le but de diminuer les charges polluantes des eaux usées. Celles-ci sont présentées dans cette section.

5.2.1. Programme de gestion de l'eau

Le programme de gestion de l'eau, en plus de cibler des stratégies d'économie d'eau, peut cibler des stratégies visant la réduction des charges polluantes de l'effluent. L'efficacité de cette technologie propre a d'ailleurs été démontrée en Alberta avec une diminution de 7 % de la DBO₅ de l'effluent d'un abattoir de volailles. Les objectifs des programmes mis en place peuvent être variés. Dans certains cas, ils peuvent viser un changement dans la méthode de procédé, tel que la réduction du temps d'attente des animaux dans l'aire de stabulation. Une telle action permet de réduire au minimum les déchets générés dans cette section de l'usine. Dans d'autres cas, les objectifs peuvent représenter l'ajout de certains matériaux ou équipements dans l'usine. Par exemple, des goulottes de récupération peuvent être installées dans les aires de réceptions, de stabulation ou même, au-dessous de l'aire d'éviscération. Ce faisant, cela permet d'optimiser la récupération des déchets à la source, avant qu'ils n'entrent en contact avec de l'eau. Des trappes à graisse peuvent aussi être ajoutées dans les aires de lavage afin de récupérer une partie des graisses avant qu'elles n'atteignent l'effluent. Ensuite, certains abattoirs ciblent un objectif de sensibilisation de leurs employés. Ceux-ci peuvent viser, par le biais de séances d'information et

d'affiches, une conscientisation sur l'importance de récupérer les déchets afin d'éviter qu'ils ne se retrouvent dans les eaux usées de l'établissement. (MDDEP, 1999)

Finalement, certaines stratégies du programme de gestion de l'eau peuvent entraîner la mise en place de technologies propres qui permettent autant une réduction de la consommation d'eau qu'une diminution de la charge polluante de l'effluent. C'est le cas du transport des viscères à sec dans les abattoirs de volaille. En effet, l'élimination de la ressource en eau dans un tel système permet non seulement une économie d'eau, mais aussi une diminution des contaminants dans les eaux usées étant donné qu'il n'y a plus de contact entre l'eau et les viscères. C'est également le cas pour le nettoyage à sec des équipements et des installations dans l'usine. La récupération des déchets liquides et solides avant le nettoyage à l'eau permet de retirer au maximum les polluants potentiels de l'effluent en plus de rendre le nettoyage moins long et laborieux.

5.2.2. Méthode de maintien de l'hygiène

Des actions simples peuvent être posées afin de maintenir une hygiène adéquate des installations. Dans un premier temps, la fréquence des séances de nettoyage peut être réduite en effectuant un suivi des zones de récupération. Le fait d'assurer un entretien adéquat et constant des grillages et des drains installés dans l'usine permet de prévenir les obstructions et donc, d'éviter des débordements. Une telle situation aurait pour effet de contaminer les planchers qui nécessiteraient un nettoyage inutile. Dans un deuxième temps, afin de limiter l'usage abusif de produits nettoyants, une restriction peut être imposée relativement à leur quantité et à leur concentration. Les établissements d'abattage peuvent diluer leurs produits nettoyants dans le but de réduire les concentrations utilisées lors des séances de nettoyage. D'autres peuvent simplement fournir des dosettes permettant de préétablir la quantité de produits nettoyants à utiliser à chaque séance de nettoyage. Finalement, les abattoirs peuvent également sélectionner des produits nettoyants plus respectueux de l'environnement. Ils peuvent par exemple, faire le choix d'utiliser des produits moins riches ou exempts en phosphore. (MDDEP, 1999)

5.2.3. Amélioration de la récupération du sang

Il arrive parfois que des abattoirs observent des égouttements de sang en dehors des zones de récupération du sang. Sachant que le sang qui se retrouve dans l'effluent contribue à augmenter la charge polluante de celui-ci, certains établissements vont réévaluer l'aménagement de l'aire de saignée pour remédier à ces pertes inutiles.

Pour ce faire, certains établissements vont ajouter des rigoles ou simplement allonger le couloir de récupération du sang pour mieux contenir ce liquide. D'autres vont également augmenter le temps de saignée dans le but de s'assurer que cette étape de procédé soit plus optimale. Aussi, certains abattoirs vont vérifier l'étanchéité de la canalisation qui transporte le sang et du réservoir qui l'accumule, afin de prévenir les fuites et d'éviter que le sang ne contamine les eaux usées de l'établissement. Concrètement, l'usage de cette technologie propre dans un abattoir de bovins et de porcs en Ontario a permis de réduire

de 57 % la DBO₅ de son effluent. (M. Poirier et J. Laperrière, rencontre téléphonique, 20 octobre 2017, voir annexe 1; MDDEP, 1999)

5.3. Situation au Québec

Actuellement, le Québec n'impose aucune obligation légale en ce qui a trait aux technologies propres (M. Poirier et J. Laperrière, rencontre téléphonique, 20 octobre 2017, voir annexe 1). Le MDDELCC se repose sur la conscientisation et sur le désir d'économie monétaire de l'industrie pour les encourager à en instaurer au sein de leurs établissements. Considérant le fait qu'il est impossible de dresser l'inventaire des équipements de traitement des eaux usées mis en place à travers les abattoirs du Québec, il est possible de conclure que la situation est similaire en ce qui a trait aux technologies propres. Conséquemment, il est difficile d'effectuer un constat de la situation du Québec en rapport aux technologies propres dans les établissements d'abattage.

Cependant, suite à la récolte d'information menée auprès du MDDELCC et des 12 plus gros producteurs de viande du Québec, il est apparu que peu des technologies mentionnées précédemment sont utilisées et même connues à travers les établissements. L'implantation de technologies propres s'observe un peu partout, particulièrement dans les abattoirs de porcs et de volailles. Le bilan des technologies propres est donc très variable. Olymel est le seul à avoir mis en place un programme de gestion de l'eau dans le but d'économiser la ressource et de réduire les charges polluantes. D'autres abattoirs ont toutefois manifesté le désir de faire de même dans un proche avenir. Dans les abattoirs de volailles, la réfrigération à l'air est la technologie propre la plus instaurée, suivie de la réutilisation de l'eau (S. Dubois, conversation téléphonique, 28 novembre 2017, voir annexe 1; B. Martel, conversation téléphonique, 29 novembre 2017, voir annexe 1; M. E. Tremblay, conversation téléphonique, 30 novembre 2017, voir annexe 1). Quant au transport des viscères à sec, cette technologie ne semble plus être utilisée au Québec depuis la fermeture, il y a 20-25 ans, de l'abattoir de volaille de la Coopérative fédérée de Québec à Saint-Félix-de-Valois. Son réemploi serait toutefois grandement avantageux pour économiser l'eau et réduire les charges polluantes de ce secteur. Pour ce qui est des abattoirs de bovins, les technologies propres se résument actuellement à l'utilisation de jet d'eau à pression et à des mesures de consommation d'eau dans des endroits stratégiques de l'usine (S. Beaudoin, conversation téléphonique, 30 novembre 2017, voir annexe 1). Finalement, en ce qui a trait aux abattoirs de porcs, la réfrigération à l'air est assez répandue, la réutilisation de l'eau y est également observée et le recyclage de celle-ci est noté dans le cas de l'usine de Saint-Esprit (J. Desroches, échange de courriels, 16 novembre 2017, voir annexe 1). L'échaudage à la vapeur d'eau est aussi observé, mais semble plutôt rare (Y. Pinsonneault, conversation téléphonique, 4 décembre 2017, voir annexe 1).

6. MÉTHODES DE GESTION DES EAUX USÉES À L'INTERNATIONALE

La consommation de la viande occupe une grande place à l'échelle mondiale avec 311,8 millions de tonnes consommées en 2014 (Planetoscope, s. d.). Ainsi, c'est une multitude d'abattoirs à travers la planète qui opère afin de répondre à cette demande. Ces abattoirs, dépendamment de leurs lieux géographiques, font face à des lois et règlements qui diffèrent en rapport à l'hygiène sanitaire et à l'environnement. En effet, celles-ci résultent des particularités culturelles, politiques et climatiques des pays dans lesquels ils se retrouvent. Conséquemment, chaque abattoir dans le monde possède ses propres méthodes de gestion de l'environnement et donc ses propres technologies de gestion des eaux usées. Ces méthodes et ces technologies peuvent constituer des options complémentaires et innovatrices pour aider les abattoirs du Québec à améliorer le traitement de leurs effluents. Il en va de même pour les technologies propres qui peuvent grandement contribuer à l'optimisation de la consommation d'eau de leurs établissements et à la réduction des charges polluantes générées.

Le présent chapitre porte donc sur les systèmes de traitement des eaux usées et les technologies propres qui proviennent de l'étranger et qui sont applicables à la situation du Québec. Ce faisant, seules les options intéressantes et adaptables à la réalité climatique de la province y sont abordées. Ces informations sont le fruit d'une recherche bibliographique et d'une récolte d'information menées auprès de ressources primaires, principalement les Agences de l'Eau en France.

6.1. Techniques de gestion des rejets liquides

Bien qu'il soit impossible d'établir un inventaire des équipements de traitement des eaux usées de chaque abattoir du Québec, la récolte d'information menée auprès du MDDELCC et des 12 plus gros producteurs de viande bovine, porcine et de volaille du Québec a permis de constater que les techniques de traitement des effluents sont assez reconnues à travers la province. L'efficacité de ces dernières est également très satisfaisante. Néanmoins, la recherche d'information à l'internationale a permis de noter l'existence de trois nouvelles techniques qui représentent des options intéressantes pour le Québec. Celles-ci sont présentées dans cette section.

6.1.1. Filtre biologique sur lit mobile (MBTF)

Cette technique de traitement des eaux usées est beaucoup utilisée en France. Celle-ci correspond à un traitement secondaire qui permet la prise en charge simultanée de l'eau et de l'air. Le MBTF correspond à une cuve étanche de forme cylindrique et équipée de plusieurs petites sphères en plastique (figure 6.1). Ces dernières constituent des supports pour la croissance des microorganismes permettant la filtration de l'effluent. L'installation d'un tel système dans les abattoirs du Québec est particulièrement intéressante. Cependant, l'équipement et son utilisation doivent être évalués et développés en fonction des conditions climatiques variées que connaît le Québec à travers les saisons.

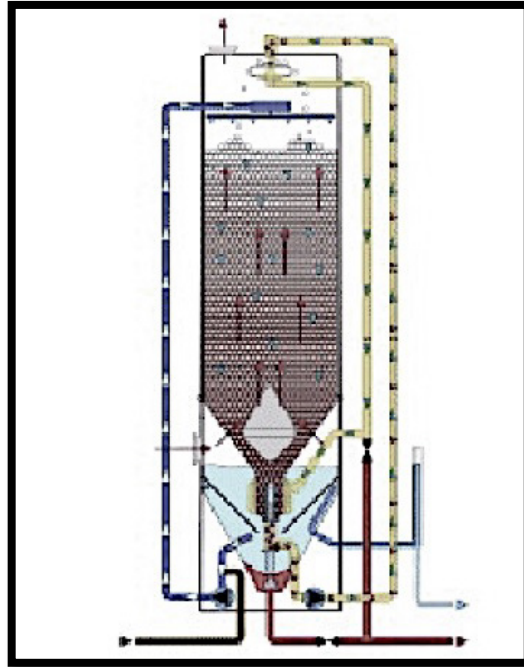


Figure 6.1 Schéma d'un filtre biologique sur lit mobile (tiré de : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la mer, 2005)

Le traitement de l'effluent débute dans la partie supérieure de la cuve, c'est-à-dire dans le haut du filtre biologique (figure 6.1). L'air, quant à lui, est dirigé à contre-courant ou en parallèle des eaux usées. Ce faisant, le mélange de l'effluent et de l'air permet une activation de la décomposition par les microorganismes aérobies. Afin de maintenir une bonne efficacité de traitement, plusieurs petites sphères sont retirées de façon périodique pour être nettoyées. Ces dernières sont ensuite placées dans le haut du filtre et les bactéries récupérées lors du nettoyage sont épaissies pour former une boue compacte dans le cône du filtre. Cette méthode d'entretien est particulièrement utile, car elle constitue une méthode de contrôle de la quantité de microorganismes dans la cuve et elle contribue, de ce fait, à éviter un colmatage du filtre biologique. Cette installation de traitement des eaux usées a été notée dans un abattoir de volaille aux Pays-Bas. Il traite 90 % de la DCO et 55 % du NtK. Le MBTF est particulièrement efficace, car il possède une forte capacité. En effet, selon la concentration et l'écoulement, un réacteur de 4 m permet un traitement de 20 m³ à l'heure d'eaux usées et de 30 000 normaux mètres cubes (Nm³) à l'heure d'air. Finalement, l'utilisation d'une telle technologie permet d'éviter l'utilisation de coagulant et de floculant étant donné qu'elle est relativement insensible aux MES et aux H&G_{tot}. (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la mer, 2005)

6.1.2. Digesteur anaérobie à flux ascendant

Le traitement anaérobie est fréquemment utilisé comme traitement secondaire, en amont d'un traitement aérobie, pour l'assainissement des effluents d'abattoirs en France. Son emploi permet de réduire la concentration des impuretés, particulièrement le NtK, en plus de diminuer la quantité de boues excédentaires produites. Par le fait même, les boues générées sont biologiquement stables et

représentent un potentiel de valorisation des biogaz en énergie. Bien que les conditions climatiques de la province soient différentes de celle de la France, cette technique de traitement des effluents demeure intéressante pour le Québec et mérite d'être évaluée comme option de traitement. (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la mer, 2005)

Le processus de dégradation naturel recréé à l'aide d'un digesteur anaérobie est la biométhanisation. Ce dernier se divise en quatre phases. La première consiste à l'hydrolyse par les bactéries. Celle-ci correspond à la transformation des composés moléculaires de masse élevée (lipides, protéines et acides nucléiques) en composés organiques simples, soit en acide gras et en acides aminés. La deuxième et la troisième phase sont respectivement l'acidogénèse et l'acétanogénèse. Ces dernières se qualifient par une fermentation des composés organiques contenus dans les eaux usées. Finalement, la quatrième phase correspond à la méthanogénèse. À cette étape, des composés intermédiaires sont libérés, soit du méthane (CH_4) et du dioxyde de carbone (CO_2). C'est alors que le biogaz (CH_4) peut, si désiré, être capté pour chauffer les installations de l'usine. (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la mer, 2005; Collège de Shawinigan, 2014a)

Un digesteur anaérobie à flux ascendant ressemble à un réacteur étanche de forme cylindrique dans lequel se trouvent de petits supports bactériens mobiles (figure 6.2). L'effluent est injecté par le fond de la cuve et traverse les lits bactériens mobiles. Les eaux usées se heurtent ensuite à l'entonnoir, ce qui permet une séparation des gaz et des solides. L'eau épurée et le biogaz sont alors récupérés dans le haut du réacteur. (Collège de Shawinigan, 2014b; Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, 2014)

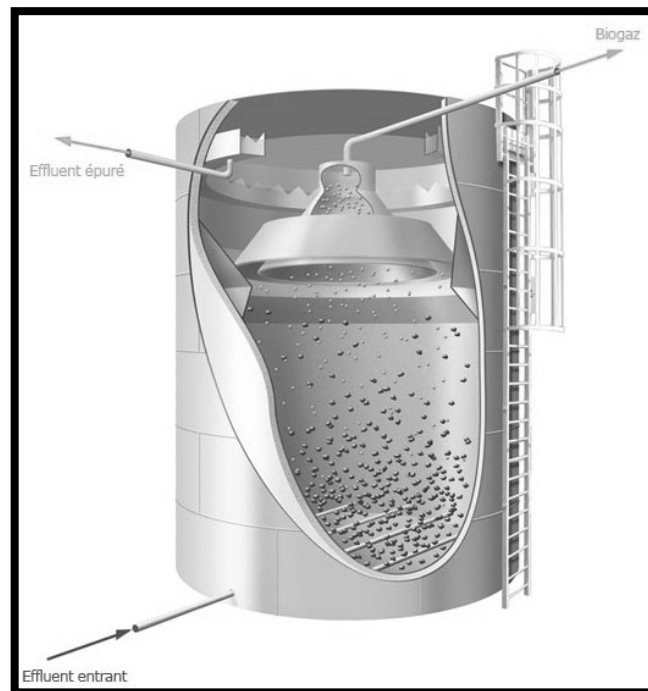


Figure 6.2 Digesteur anaérobie à flux ascendant (tiré de : VALBIO, 2017)

Plusieurs types de digesteurs anaérobies existent, mais de façon générale, deux variantes s'observent. La première technique constitue le processus à vitesse standard, soit entre 30 et 60 jours de rétention. Pour ce faire, les eaux usées sont insérées dans le réacteur et sont simplement laissées au repos, c'est-à-dire qu'elles ne subissent aucun traitement permettant d'accélérer le processus de décomposition. La deuxième technique est la plus intéressante pour les abattoirs qui font face à de gros débits d'effluents à traiter. Celle-ci correspond au processus de courte durée, soit entre 1 et 15 jours de rétention. Dans ce cas, l'effluent est mélangé puis chauffé entre 30 et 40 °C, ce qui permet d'écourter le processus de décomposition. (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la mer, 2005)

6.1.3. Dénitrification par traitement tertiaire

Cette technologie peut être observée dans les abattoirs à l'étranger pour permettre la réduction des nitrates dans l'effluent. Ces derniers sont obtenus suite à la nitrification de l'azote qui s'effectue lors du traitement biologique de l'effluent. Sachant que le nitrate contribue à l'eutrophisation des cours d'eau, il est parfois nécessaire d'appliquer un traitement supplémentaire pour réduire sa concentration dans les eaux usées des abattoirs. Pour ce faire, les établissements d'abattage animal réalisent des améliorations de leurs installations afin d'améliorer le processus de dénitrification. Premièrement, ils peuvent effectuer une ultrafiltration de leurs effluents. La technologie utilisée peut correspondre à l'une des technologies de filtrations secondaires existantes, mais utilisée en traitement tertiaire. Celle-ci est, dans certains cas, effectuée dans un bassin supplémentaire permettant une ultrafiltration alors que dans d'autres cas, l'effluent est simplement recirculé dans le bassin de traitement secondaire. Deuxièmement, les abattoirs peuvent également modifier les temps d'arrêts du réacteur biologique séquentiel afin d'augmenter le temps de dénitrification. (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la mer, 2005; Mabrouk, 2009; BEI ERE, 2009)

6.2. Technologies propres

La récolte d'information menée auprès du MDDELCC et des 12 plus gros producteurs de viande du Québec a permis de constater que les technologies propres déjà implantées au Québec ne sont pas beaucoup répandues à travers les abattoirs de la province. Malgré cela, il convient de se pencher sur le potentiel que peuvent représenter celles provenant de l'internationale. Ainsi, au regard des informations obtenues lors de la recherche bibliographique et de la récolte d'information menée auprès de ressources primaires, quatre technologies propres ont été répertoriées comme étant d'intérêt pour les établissements d'abattage du Québec. Celles-ci sont présentées dans cette section.

6.2.1. Optimisation du nettoyage à sec des équipements et des installations

Certains abattoirs à l'international, dont au Royaume-Uni, possèdent des aspirateurs industriels triphasés avec séparateur de cyclone (figure 6.3). Ces derniers permettent l'aspiration des déchets solides, liquides et également visqueux, ce qui convient particulièrement aux différentes matières qui peuvent se retrouver dans un abattoir.



Figure 6.3 Aspirateur industriel triphasé (poussière, liquide et solide) (tiré de : RDV France, s. d.)

Ces équipements fournissent un nettoyage à sec plus efficace avant l'étape du nettoyage à l'eau. En effet, l'aspiration du sang et des viscères laisse une surface plus propre qu'avec le nettoyage au balai, à la pelle ou au racloir. Ainsi, l'effluent généré est beaucoup moins contaminé. (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la mer, 2005)

6.2.2. Perfectionnement de l'étape d'enlèvement des soies chez le porc ou de la plumaison chez la volaille

La plumaison et l'enlèvement des soies sont deux étapes nécessaires dans le procédé d'abattage des volailles et des porcs et celles-ci génèrent une consommation d'eau non négligeable. Cependant, il est possible de modifier les épileuses et les plumeuses pour permettre une économie d'eau tout en conservant leurs efficacités. Pour ce faire, il suffit de remplacer les tuyaux d'irrigation de ces appareils par des gicleurs à jet d'eau large. L'implantation d'une telle technologie propre en France a d'ailleurs permis d'entraîner une réduction de la consommation d'eau de 10 L par porc. (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la mer, 2005)

6.2.3. Transport des plumes de volaille à sec

Les plumes récupérées lors de l'étape de la plumaison peuvent être destinées à la valorisation, principalement dans le cas des oies, pour la confection de couette et de vêtements, ou à l'équarrissage (Guy et Buckland, 2002). Dans l'une ou l'autre de ces situations, le transport des plumes à sec est grandement intéressant pour le Québec, car il permet d'alléger le poids lors du transport et donc, de réduire les coûts. Cette technologie est d'autant plus utile lorsque les plumes seront valorisées étant donné qu'elles devront inévitablement subir un séchage pour leur redonner du volume. La procédure est simple. Suite à la plumaison des volailles, les plumes sont déposées dans un séchoir industriel à tambour.

Une fois sèches, celles-ci sont transportées jusqu'au camion de transport à l'aide d'un convoyeur. Préalablement, les plumes subissent parfois une compression afin qu'elles deviennent moins volatiles. Dans d'autres cas, un dispositif à air ou sous vide est installé à même le tapis roulant. (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la mer, 2005)

6.2.4. Modification de l'étape d'éviscération

Bien que le lavage des carcasses soit nécessaire et imposé par l'ACIA et le MAPAQ pour toutes les espèces, il est possible d'instaurer un système plus économique en eau. Celui-ci correspond au changement des pommeaux de douche des laveuses par des gicleurs pulvérisateurs. Il est également possible de réduire le nombre de pommeaux de douche afin de minimiser la consommation d'eau. De telles modifications ont été apportées dans un abattoir de volaille du Royaume-Uni, qui a enregistré une économie d'eau de 8 000 m³. En 1999, ce dernier tuait 18 000 dindes par jour, soit 38 individus par minutes. (Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la mer, 2005)

6.3. Amélioration continue

Au fil des années, les exigences de rejets du MDDELCC augmentent, ce qui pousse les établissements d'abattage vers une amélioration continue. Ces derniers doivent donc de plus en plus trouver des solutions conformes aux normes et, bien entendu, le plus économique possible. Or, ces solutions demeurent méconnues à travers ce secteur industriel. En effet, la récolte d'information menée auprès du MDDELCC et des 12 plus gros producteurs de viande du Québec a permis de noter que la problématique majeure à laquelle semble faire face l'industrie de l'abattage animal se situe dans l'acquisition de connaissances. Plusieurs abattoirs manquent de ressources et d'idées pour remédier à leurs problématiques, ce qui les amène parfois à prendre des décisions onéreuses qui auraient pu être évitées. De plus, la grande majorité d'entre eux n'ont jamais considéré les technologies propres comme un outil de gestion des eaux usées. Face à ces deux constats, il devient essentiel pour l'industrie de s'inspirer des technologies de l'international, mais aussi d'établir une collaboration à travers le Québec.

Des projets de grande envergure ont d'ailleurs prouvé que la recherche d'information à l'étranger est un bon outil pour l'amélioration continue. C'est le cas de l'usine de Saint-Esprit pour laquelle Olymel a d'abord effectué, en 2008, une mission d'exploration en Europe (J. Desroches, échange de courriel, 12 octobre 2017). Celle-ci a donné lieu à deux visites, soit dans un établissement en France puis dans un autre en Italie. Ces dernières ont été réalisées avec l'ingénieur en chef du projet, Marc-André Desjardins, la chargée de projets en environnement chez Olymel, Julie Desroches, et le chargé de projet aux services techniques chez Olymel, Alain Plante. La première visite était une station de traitement des eaux usées d'un abattoir à Lamballe (Bretagne, France). Cet établissement possédait deux tamis, trois unités de DAF, un réacteur biologique à membrane d'ultrafiltration suivi d'un traitement d'osmose inverse pour une partie du débit. Bien que des mesures sanitaires encadrent cette activité, l'établissement réutilisait les eaux recyclées provenant de son traitement pour le lavage des camions et pour l'arrosage des animaux dans

l'aire de stabulation. La deuxième visite, quant à elle, était une station de traitement des eaux usées d'une conserverie en Bologne (Italie). Cet établissement avait trois tamis rotatifs et un réacteur biologique constitué de trois bassins d'aération et de deux décanteurs secondaires. L'installation possédait un quatrième bassin d'aération muni d'une décantation lamellaire périphérique et un troisième décanteur secondaire était présent pour fournir en cas de besoin. Une partie des eaux usées était par la suite dirigée dans un DAF suivi d'un microtamisage avec désinfection au bioxyde de chlore. Ces eaux épurées étaient ensuite réutilisées à titre d'eau industrielle pour le lavage des produits, pour leur transport dans la conserverie et pour le lavage des planchers. Celles-ci étaient également utilisées pour le lavage des conserves, mais une déminéralisation ou un adoucissement était préalablement effectué. Grâce à ces deux visites, l'équipe d'Olymel a pu s'inspirer des technologies qu'elle avait observées en France et en Italie pour développer un système de recyclage des eaux usées adapté au besoin de l'usine de Saint-Esprit. Bref, la recherche d'information à l'étranger est une méthode de recherche et de développement qui porte ses fruits. Un autre exemple est la ville de Sainte-Julie qui a décidé, en 2007, d'utiliser un procédé d'origine scandinave pour effectuer le traitement de ses eaux usées. Le projet a ainsi mené à la mise en place de diffuseurs à fines bulles au sein de l'étang aéré, à l'installation d'un dégrilleur fin de 3 mm puis à l'implantation d'un MBBR, ce qui a permis à la station de traitement d'atteindre une efficacité globale de 92 %, en incluant la DBO₅ totale à l'effluent (Poulin, 2009). Les informations que peut nous transmettre l'international constituent des outils efficaces au développement des méthodes de gestion des eaux.

Outre la recherche d'information à l'étranger, il convient également de mentionner que des recherches de technologies ont également lieu au Québec. L'un des projets en cours vise l'utilisation de l'électrocoagulation pour le traitement des effluents chargés en matière organique (Asselin, 2007). Bien que le projet demeure à l'essai pilote, cette technologie représente un potentiel intéressant pour le traitement des eaux usées dans les abattoirs du Québec. Cependant, les informations sur les technologies propres et les technologies de traitement des eaux usées qui sont utilisées au Québec ne sont pas toujours répandues à travers les établissements d'abattage. Ainsi, le partage de connaissances devient un outil important à considérer pour permettre une amélioration continue de ce secteur d'activité.

7. RECOMMANDATIONS

Au regard des chapitres précédents, différentes problématiques ont été soulevées et ont permis de mettre en lumière cinq solutions clés en main pour le secteur de l'abattage animal. Chacune d'elles est présentée par ordre de priorité, accompagnée de la suggestion d'une méthode d'implantation.

7.1. Créer un pôle de communication à travers les abattoirs

Actuellement, la gestion des eaux usées est perçue comme un outil concurrentiel à travers les abattoirs du Québec. En effet, les informations sur les systèmes de traitement des effluents et les technologies propres sont considérées comme un secret de réussite entre les différentes entreprises. Or, ceci ne devrait pas être le cas, car l'environnement est l'affaire de tous. La gestion des eaux usées constitue non seulement un enjeu environnemental, mais aussi social et économique. Dans un premier temps, les impacts potentiels que les rejets d'eaux usées des abattoirs peuvent engendrer sur l'équilibre des écosystèmes montrent la nécessité de préserver ces habitats naturels, qui fournissent des services écosystémiques essentiels à la préservation de la ressource. Dans un deuxième temps, le risque microbiologique et toxicologique que représentent ces effluents pour la santé humaine justifie à lui seul l'importance d'innover en matière de gestion des eaux usées. Et finalement, dans un troisième temps, le potentiel économique relié à l'implantation de technologies propres dans les abattoirs du Québec est énorme. En effet, elle entraînerait la création de milliers d'emplois et elle ferait épargner des millions de dollars à l'industrie de l'abattage animal en raison de la réduction des débits d'eaux et des charges organiques à traiter.

Force est de constater que la situation actuelle contribue à freiner le développement de technologie en matière d'environnement dans ce secteur d'activité. Premièrement, aucun partage d'information n'a lieu, ce qui renforce l'oubli de techniques innovatrices. L'exemple de Saint-Félix-de-Valois témoigne d'ailleurs de ce fait. Le transport des viscères à sec constitue la technologie propre la plus importante en matière de réduction des charges hydrauliques et organiques dans les effluents des abattoirs de volaille. En effet, il y a plus de 25 ans que cette technologie a fait ses preuves au Québec en démontrant une réduction de 25 % de la consommation d'eau et une diminution de la charge polluante des eaux usées de 40 % (MDDEP, 1999). À cet effet, le transport à sec des viscères a fait l'objet de la publication d'une fiche de technologie propre par le MDDELCC (1988). Malgré cela, après la fermeture de l'abattoir de Saint-Félix-de-Valois, cette technologie n'a pas été utilisée par d'autres établissements et semble même être inconnue des abattoirs de volailles actuellement en activités à travers la province québécoise. Deuxièmement, l'acquisition d'information par les abattoirs est laborieuse étant donné que chacun la considère comme étant confidentielle. Ainsi, les connaissances en la matière sont plutôt limitées. C'est ce qu'a démontré la récolte d'information menée auprès du MDDELCC et des 12 plus gros producteurs de viande du Québec. Cette dernière a permis de mettre en lumière la grande variation des connaissances acquises entre les abattoirs en matière de technologies propres. En effet, celles-ci varient de faible à moyenne. Quant aux techniques de traitement des eaux usées, les connaissances acquises se

ressemblent beaucoup entre les établissements. Ceci s'explique par le fait qu'ils utilisent des méthodes semblables et que la grande majorité de ceux-ci ont employé des firmes de consultants en ingénierie et en environnement. Ainsi, ces deux faits constituent des exemples concrets qui démontrent l'importance de créer un pôle de communication à travers les abattoirs du Québec.

La solution proposée consiste donc à établir un outil permettant le partage de connaissances à travers le secteur industriel en matière de gestion des eaux usées. Pour ce faire, considérant qu'il n'existe aucune association réunissant l'ensemble des abattoirs, la création du Regroupement des Abattoirs du Québec pour l'Innovation Environnementale (RAQIE) serait une priorité. Celui-ci pourrait être constitué, dans un premier temps, par les grands acteurs de ce secteur tels qu'Olymel, Exceldor, Montpak, Avicomax, F. Ménard inc. et la Ferme des Voltigeurs. Puis, dans un deuxième temps, les plus petites entreprises pourraient être invitées à se joindre à cette démarche. L'Association des abattoirs avicoles du Québec (AAAQ), l'Union des producteurs agricoles (UPA), la Fédération des producteurs de porcs du Québec et la Fédération des producteurs de bovins du Québec pourraient également chapeauter ce projet. Le but ultime du RAQIE serait de créer un bureau-chef qui aurait pour mission d'agir à titre de référence au sujet des technologies propres et du traitement des eaux usées dans les abattoirs. Il serait également responsable de rester informé sur le développement des nouvelles technologies, en plus de rechercher des technologies à l'international. Dans les débuts du projet, le bureau chef pourrait être composé d'une seule personne-ressource qui agirait à titre de chargé de projet en environnement et en modernisation des usines d'abattage. Cette dernière posséderait une formation complémentaire en science ainsi qu'en environnement et constituerait une référence pour le secteur industriel. Elle serait, dans un premier temps, amenée à informer les abattoirs sur les technologies propres et les techniques de gestion des effluents. Puis, dans un deuxième temps, elle contribuerait aux projets de développement des entreprises. En d'autres termes, cette personne-ressource jouerait un rôle de liaison à travers les abattoirs, ce qui constituerait un levier en matière d'innovation et d'amélioration continue.

7.2. Réaliser un répertoire informatisé des installations de traitement des eaux usées et des technologies propres utilisées dans les abattoirs du Québec

La rédaction des chapitres 4 et 5, portant respectivement sur les techniques de gestion des rejets liquides et sur les technologies propres au Québec, a permis de mettre en lumière le manque de connaissance du MDDELCC au sujet des installations de traitement des eaux usées et des technologies propres instaurées dans les abattoirs de la province. En effet, aucune banque de données ne permet d'obtenir une liste d'inventaire des installations présentes dans l'ensemble des établissements. De plus, le MDDELCC ne possède aucune donnée sur les types de rejets de chacun des abattoirs sur son territoire. Cette problématique majeure semble s'expliquer par le fait que la gestion des dossiers est actuellement décentralisée, c'est-à-dire que chaque direction régionale gère de façon prioritaire les rejets d'eaux usées sur son territoire. Ainsi, la direction centrale est appelée à intervenir seulement lors de projets d'envergure

ou lors de questionnement dans une direction régionale. Ce faisant, l'information circule rarement à travers les directions régionales et la centrale.

Considérant le fait que le MDDELCC doit assurer un suivi de la conformité des installations de traitement des eaux usées, il devient nécessaire pour lui de se doter d'un outil permettant de réunir les données de chaque établissement et de partager ces informations au sein du ministère. Cet outil est d'autant plus essentiel, car il permettra d'établir un portrait global des technologies mises en place et fournira donc les informations de base nécessaires à une bonne gestion. De plus, ce genre d'information est important pour le RAQIE. En effet, pour que le chargé de projet en environnement et en modernisation des usines d'abattage puisse accomplir adéquatement ses tâches, il convient de lui fournir les éléments de base lui permettant d'acquérir des connaissances sur la gestion des effluents de ce secteur industriel. Ce faisant, cette personne-ressource pourra mieux cibler les priorités et émettre des conseils personnalisés en fonction de l'abattoir.

La recommandation suggérée vise donc la réalisation d'une base de données informatique sur l'ensemble des abattoirs du Québec. Cette dernière réunirait des informations sur les équipements utilisés pour le traitement des eaux usées ainsi que sur les mesures et installations mises en place comme technologies propres. Le type de rejet serait également inscrit pour chaque abattoir. Sachant que la confection d'un tel outil demande beaucoup de temps, ce dernier pourrait être fait en association avec le RAQIE et le MDDELCC. Pour simplifier la procédure, cette tâche pourrait être confiée au chargé de projet en environnement et en modernisation des usines d'abattage. Ceci aurait pour avantage de lui permettre d'intégrer plus facilement les informations du secteur industriel. Une fois accomplie, cette base de données serait ensuite divulguée au MDDELCC, qui pourrait alors l'intégrer à son réseau informatique interne.

7.3. Effectuer une évaluation économique, sociale et environnementale reliée à l'implantation de technologies propres dans l'industrie de l'abattage animal au Québec

Depuis plusieurs années, les abattoirs du Québec font face à une problématique grandissante de gestion des eaux usées. Malgré cela, ceux-ci continuent à s'enliser dans les efforts qu'ils mettent en œuvre à conserver la confidentialité des technologies propres et des traitements des eaux usées qu'ils instaurent. Ce faisant, ce comportement contribue au maintien d'une connaissance déficiente sur ces sujets et explique le fait que le secteur industriel perçoit les mesures environnementales comme étant des obstacles à son développement économique. Or, s'ils changeaient leurs méthodes de fonctionnement, les établissements d'abattage auraient, au contraire, beaucoup à gagner d'un point de vue économique. Le meilleur exemple à ce jour demeure le transport des viscères à sec qui a été réalisé à l'abattoir de Saint-Félix-de-Valois. À l'époque, cet établissement faisait face à une problématique de gestion conjointe des eaux usées avec la municipalité. Ce dernier devait alors choisir parmi deux options. La première comportait l'installation d'un système complet pour permettre à l'établissement de rejeter lui-même dans le milieu naturel et la seconde visait un changement de ses équipements de prétraitement. Étant donné que

ni l'une ni l'autre de ses options ne lui convenait, la Coopérative fédérée de Québec avait alors opté pour une réduction à la source de sa consommation en eau et de la charge polluante de ses effluents. Le résultat fut très convaincant. À cet effet, le tableau 7.1 présente la comparaison économique des deux options qui s'offraient à la Coopérative fédérée de Québec et de la solution qui avait été utilisée. (MDDELCC, 1988)

Tableau 7.1 Coûts comparatifs de l'insertion du transport des viscères à sec à l'abattoir de Saint-Félix-de-Valois (inspiré de : MDDELCC, 1988)

Détails des coûts	Traitement complet à l'abattoir pour le rejet dans le milieu naturel	Traitement conjoint avec la municipalité	
		Prétraitement sans la technologie propre	Prétraitement avec la technologie propre
	Option 1	Option 2	Solution utilisée
Capitalisation (\$) Achat et installation des équipements	1 500 000	300 000 (traitement physico-chimique)	100 000 (réaménagement du traitement physico-chimique)
		200 000 (traitement biologique)	80 000 (transport des viscères à sec)
Total	1 500 000 \$	500 000 \$	180 000 \$
Total représentatif en 2017 ⁽¹⁾	2 719 529 \$	906 510 \$	326 344 \$
Fonctionnement des équipements de traitement des eaux usées ⁽²⁾			
- Produits chimiques	4 000	20 000	4 000
- Énergie	6 000	15 000	---
Total	10 000 \$	35 000 \$	4 000 \$
Total représentatif en 2017 ⁽¹⁾	18 130 \$	63 456 \$	7 252 \$

⁽¹⁾ Les montants indiqués ont été générés par la feuille de calcul de l'inflation de la Banque du Canada (s. d.)

⁽²⁾ Cette évaluation exclut les coûts reliés à la main-d'œuvre et à l'élimination des boues résiduelles

Grâce à cette solution, l'abattoir avait évité un investissement important, soit un montant de 1 500 000 \$ pour l'ajout d'un système de traitement complet des eaux usées. Puis, avec l'installation du transport des viscères à sec, l'abattoir avait engendré une économie de 320 000 \$ en frais de capitalisation et de 31 000 \$ par année en frais reliés à l'économie d'énergie et de produits chimiques nécessaires au

fonctionnement des équipements de traitement des eaux usées. Ainsi, l'emploi d'une telle technologie propre de nos jours pourrait représenter une économie de 580 166 \$ en investissements et de 56 204 \$ par année en frais de fonctionnement. (MDDELCC, 1988)

Outre l'aspect économique, il convient de mentionner que le secteur de l'abattage animal est un sujet peu connu du public et même, à la limite, considéré comme étant tabou. En effet, le peu d'information partagé dans les médias ne permet pas au québécois moyen de bien comprendre le fonctionnement de cette industrie et contribue actuellement à déformer la réalité. Plusieurs sites internet partagent des informations erronées ou qui ne sont pas attribuables à la situation du Québec. Ce faisant, beaucoup de personnes perçoivent cette industrie comme étant cruelle et polluante. Or, si les abattoirs du Québec décidaient de lever un tant soit peu le voile sur l'industrie, ceux-ci démantèleraient beaucoup d'idées préconçues. De plus, la médiatisation des mesures mises en place pour réduire les charges polluantes et diminuer la consommation d'eau de cette activité serait très bénéfique. De nos jours, l'aspect environnemental prend beaucoup d'importance dans la population québécoise. Ainsi, ce secteur pourrait potentiellement gagner en popularité, ce qui contribuerait à rétablir les faits.

L'aspect environnemental demeure toutefois l'un des éléments les plus intéressants pour assurer la pérennité des écosystèmes qui fournissent des services écosystémiques fondamentaux à la vie humaine. L'exemple du transport des viscères à sec demeure une référence, car l'implantation de cette technologie propre a démontré une réduction de 25 % de la consommation d'eau et une diminution de la charge polluante des eaux usées de 40 % (MDDEP, 1999). Ainsi, l'économie d'eau permet de mieux préserver l'intégrité de la ressource et la réduction de la pollution contribue à fournir des rejets moins nocifs pour l'environnement. Par le fait même, l'établissement qui instaure cette technologie peut gérer ses rejets plus facilement tout en s'assurant de se conformer aux normes qui lui sont attribuables. Ceci est d'autant plus intéressant pour les municipalités, qui pourraient grandement bénéficier de la réduction des charges polluantes. En effet, la capacité de traitement de leurs stations d'épuration pourrait grandement augmenter grâce à la réduction du poids que représentent les abattoirs qui se déversent dans les réseaux d'égout municipaux.

La solution proposée consiste donc à effectuer une étude qui évaluerait l'impact économique, social et environnemental de la mise en place de technologies propres dans les abattoirs du Québec. Comme cette étude représente plusieurs semaines de travail, la rédaction de ce document pourrait être confiée à une équipe multidisciplinaire. Pour ce faire, le RAQIE pourrait employer, de façon contractuelle, deux personnes-ressources additionnelles à son bureau-chef. Ainsi, considérant que son chargé de projet en environnement et en modernisation des usines d'abattage possède les aptitudes en science et en environnement, le RAQIE pourrait s'adjoindre une personne formée en économie et une autre en ingénierie. Cette combinaison de savoirs serait grandement avantageuse, car elle donnerait lieu à la publication d'une évaluation à la fois complémentaire et riche en information.

La rédaction d'un tel document permettrait au secteur industriel de prendre connaissance du grand potentiel que représente la réduction à la source des charges polluantes et de la consommation d'eau. En effet, dans un premier temps, il serait plus en mesure de figurer les gains économiques engendrés par la modernisation de ses installations, ce qui aurait également comme conséquence de contribuer au développement de sa compétitivité. Dans un deuxième temps, le secteur de l'abattage animal pourrait mieux concevoir l'impact social positif qu'auraient l'implantation et la médiatisation des technologies propres à travers la province. Et, dans un troisième temps, ce dernier pourrait mieux comprendre les impacts environnementaux et les gains considérables qu'il entrainerait par ses actions. Outre ces trois aspects, la réalisation de cette étude constituerait un outil argumentaire pour le RAQIE. En effet, une fois publié, le RAQIE pourrait se présenter au Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation (MESI) avec ce document en main afin de justifier la création d'un programme de subvention permettant d'appuyer les efforts de modernisation de ce secteur industriel. L'octroi d'une aide financière constituerait un levier qui motiverait les entreprises à instaurer des technologies propres dans leurs usines. Ce faisant, cette étude contribuerait à améliorer l'aspect économique, social et environnemental des abattoirs du Québec.

7.4. Publier un guide pratique sur l'implantation de technologies propres dans les abattoirs

Comme mentionné au chapitre 6, portant sur les méthodes de gestion des eaux usées à l'internationale, l'augmentation des exigences de rejets du MDDELCC pousse les abattoirs à continuellement améliorer leurs installations et cela, dans le but qu'elles soient plus respectueuses de l'environnement. Or, comme la démontrée la récolte d'information menée auprès du MDDELCC et des 12 plus gros producteurs de viande du Québec, les connaissances en matière de technologies propres sont déficitaires dans ce secteur industriel. Ce faisant, dans la majorité des cas, les abattoirs se retrouvent démunis face aux normes environnementales qui leur sont imposées. Ceux-ci font alors appel à des firmes indépendantes en ingénierie. Malheureusement, le manque de multidisciplinarité de ces dernières entraîne souvent la réalisation de projet coûteux et moins axé sur une réduction à la source. En effet, les solutions apportées visent généralement l'installation d'un traitement spécifique des eaux usées plutôt que l'implantation de technologies propres permettant d'incorporer la notion de développement durable dans le processus de recherche et de développement. Ce constat peut en partie s'expliquer par le fait qu'il n'existe actuellement aucun document de référence ni recueil d'information récents portant sur les technologies propres au Québec. Le dernier de ce genre date de 1999 et s'intitule le Guide technique sectoriel de l'industrie de l'abattage animal (MDDEP). L'absence d'outil actualisé d'aide à la décision et le manque d'expertise contribuent donc à freiner le développement de technologie en matière d'environnement.

La recommandation proposée est alors la réalisation d'un guide pratique sur l'implantation des technologies propres dans les abattoirs. Celui-ci constituerait un outil de référence pour le secteur industriel en matière de gestion environnementale. Dans un premier temps, il expliquerait le bien-fondé et les trois concepts de base reliés aux technologies propres : l'évitement, la réduction et le recyclage. Il

détaillerait également les grandes étapes à franchir pour cibler les priorités, mais également pour mieux établir les besoins spécifiques de l'établissement à l'étude. Dans un deuxième temps, celui-ci présenterait les différentes méthodes d'application des technologies propres, telles que la mise en place d'actions quotidiennes, la modification de procédés ou d'équipements, etc. Puis, dans un troisième temps, ce document ferait état des différentes technologies utilisées au Québec et à l'étranger. En soi, le but ultime de la publication de ce guide serait de fournir une aide spécifique permettant l'atteinte d'objectifs visant une réduction de la consommation d'eau et une diminution des charges polluantes des effluents dans les abattoirs québécois. Ce faisant, ce document permettrait à ce secteur d'activité de mieux concevoir et se positionner dans son avenir d'un point de vue environnemental et durable. Ceci contribuerait, par le fait même, à faciliter les démarches reliées au respect des normes du MDDELCC, ce qui diminuerait énormément la charge administrative des suivis de non-conformité.

La rédaction de ce document pourrait être confiée à l'équipe multidisciplinaire du RAQIE. Ce dernier ferait suite à l'évaluation économique, sociale et environnementale reliée à l'implantation de technologies propres dans l'industrie de l'abattage animal au Québec. Considérant les connaissances acquises lors de la réalisation de cette étude, l'équipe du bureau-chef serait la mieux qualifiée pour produire cet outil de référence. De plus, le guide pratique sur l'implantation des technologies propres dans les abattoirs constituerait un élément complémentaire à l'attribution d'un programme de subvention permettant d'appuyer les efforts de modernisation du secteur de l'abattage animal.

7.5. Mettre en place un règlement sur les rejets d'eaux usées pour les abattoirs

Les rejets d'eaux usées générés par l'industrie de l'abattage animal du Québec sont présentement régis par une seule loi, soit la LQE. Cette dernière, via son article 22, exige l'obtention d'un certificat d'autorisation à quiconque désire réaliser des activités susceptibles de perturber ou altérer l'environnement. Ainsi, depuis 1972, chacun des abattoirs du Québec a, à un moment ou à un autre, passé par ce processus. Toutefois, aucune mesure règlementaire n'encadre l'attribution des normes à travers l'ensemble du secteur industriel. En effet, un système de « cas par cas » est actuellement appliqué, peu importe le type de rejet. Lors d'un rejet dans le réseau d'égout municipal, les normes sont établies en fonction de la capacité de charge de la station d'épuration et du règlement municipal mis en place. Ce processus est problématique pour les municipalités qui, malgré leurs règlements et leurs ententes industrielles, font parfois face à des erreurs dans la détermination de leurs normes de rejets ou à des non-conformités de la part des entreprises sur leurs territoires. Puis, dans le cas d'un rejet dans le milieu naturel, le MDDELCC se réfère aux Lignes directrices applicables à l'industrie agroalimentaire hors réseau (MDDELCC, 2011). Cette méthode de fonctionnement entraîne souvent un manque d'impartialité en raison de la grande variation de la sévérité des exigences imposées. Cela est majoritairement dû au fait qu'une grande quantité de personnes interviennent dans ce genre de dossier au sein du MDDELCC, ce qui se traduit par un manque de constance. Ainsi, bien que le système de « cas par cas » soit justifié, la problématique soulevée par son fonctionnement s'explique par le manque d'encadrement du processus

d'attribution des normes de rejets. En effet, bien que les protocoles soient présents, les lacunes observables se situent au niveau de l'application par les différents acteurs du MDDELCC et des municipalités.

La solution envisagée correspond donc à la mise en place, par le MDDELCC, d'un règlement sur les rejets d'eaux usées pour les abattoirs. L'objectif général de celui-ci serait de mieux encadrer l'attribution des normes de rejets de ce secteur d'activité, en dictant les paramètres et les critères de restrictions à respecter, et cela en fonction du type de rejet. Lors d'un rejet dans le réseau d'égout municipal, le règlement établirait d'abord les limites en matière d'environnement. Par la suite, il dicterait les éléments à considérer avec la municipalité concernée afin que les normes exigées soient personnalisées selon les besoins de préservation de la capacité de charge de la station d'épuration. Lors d'un rejet dans le milieu naturel, le règlement inclurait la notion de capacité réceptrice de l'écosystème en prenant en compte les charges polluantes libérées par les autres contributeurs. Il considérerait également l'intégrité du milieu naturel, dont la pérennité des écosystèmes qu'il abrite et la conservation de la biodiversité qu'il renferme. Ainsi, il fixerait une marche à suivre, du même genre que les lignes directrices, mais avec des critères de bases incontestables et strictes. La mise en place d'un tel règlement permettrait donc de fournir un complément au système de « cas par cas » en établissant des règles spécifiques à suivre en fonction des deux types de rejets possibles. Aussi, ce règlement dicterait les obligations qui incombent aux acteurs responsables d'appliquer les normes de rejets. Cependant, dans un souci de fournir un règlement plus représentatif et adapté à la situation des abattoirs du Québec, il convient d'acquérir d'abord toutes les informations sur ce secteur industriel. Ainsi, cette dernière recommandation est conditionnelle à la mise en place du répertoire informatisé des installations de traitement des eaux usées et des technologies propres utilisées dans les abattoirs du Québec.

CONCLUSION

L'objectif général de cet essai était d'analyser les méthodes de gestion des eaux usées du secteur de l'abattage animal du Québec et de proposer des solutions d'amélioration. Pour y arriver, il a d'abord été nécessaire d'acquérir des connaissances de base sur ce secteur d'activité. Le portrait de l'abattage animal au Québec a permis de noter qu'il existe actuellement 84 établissements d'abattage, dont la majorité se situe dans la région de la Montérégie. L'ensemble de ces établissements possède des permis pour pouvoir réaliser leurs activités. Ces derniers sont délivrés en fonction de l'espèce animale abattue et donnent des droits et obligations qui diffèrent en fonction de l'instance gouvernementale, soit le MAPAQ et l'ACIA. Suite à ce descriptif, chaque étape du procédé d'abattage a été détaillée afin de mieux comprendre la provenance des effluents de cette industrie. L'eau est utilisée dans toutes les opérations, mais les étapes de la plumaison des volailles, de l'enlèvement des soies du porc et de l'échaudage chez ces deux espèces représentent les plus grandes consommatrices de la ressource. En ce qui a trait aux charges polluantes, les étapes contributrices constituent principalement la saignée et l'éviscération chez les trois espèces ainsi que le dépouillement chez le bœuf. Ensuite, afin de mieux comprendre le poids que représente cette industrie pour l'environnement, la composition des rejets d'eaux usées a été décrite et les impacts connus ont été présentés. Les effluents qui sont générés par cette activité sont riches en matière organique, ce qui se traduit par des paramètres de DBO₅, de DCO, de MES et de H&G_{tot} assez élevés. Toutefois, les concentrations diffèrent énormément d'une espèce abattue à l'autre et parmi celles-ci, la volaille constitue la plus polluante. Quoi qu'il en soit, les rejets d'eaux usées représentent une menace pour les écosystèmes aquatiques, mais aussi pour la santé humaine en raison du risque microbiologique et toxicologique qu'ils soulèvent.

Après avoir intégré les informations de base sur le secteur de l'abattage animal, il a ensuite été indispensable d'effectuer une récolte des techniques de traitement des eaux usées ainsi que des technologies propres actuellement utilisées dans les abattoirs du Québec. Pour ce faire, une grande variété de ressources primaires a été consultée et une récolte d'information auprès des 12 plus gros producteurs de viande du Québec a été réalisée. Au total, quatre constats ont été faits. Le premier constat était qu'il n'existe aucun inventaire des équipements mis en place dans les différents établissements du Québec pour le traitement des eaux usées ainsi que pour les technologies propres utilisées. En ce qui a trait au traitement des effluents, le bilan des recherches a toutefois démontré que les abattoirs du Québec possèdent un prétraitement avec un traitement primaire et quelquefois un traitement secondaire. Les installations sont très variables en raison du type de rejet et des normes applicables à l'usine d'abattage. L'étude des lois et règlements en matière de gestion des eaux usées a aussi permis de tirer un constat. En effet, aucune obligation légale ne régit présentement l'attribution des normes au secteur agroalimentaire par le MDDELCC. Ce faisant, l'étude des dossiers au « cas par cas » est effectuée avec une certaine liberté, ce qui constitue un élément d'irrégularité. En ce qui a trait aux technologies propres, la récolte d'information a permis de faire le constat qu'il en existe beaucoup au Québec, mais leurs implantations ne sont pas répandues. Ce qui amène au dernier constat selon lequel les abattoirs du

Québec ne partagent pas les informations qu'ils détiennent sur la gestion des effluents aux autres établissements. L'exemple le plus frappant est le transport des viscères à sec qui, malgré son aspect révolutionnaire, n'a été utilisé qu'une seule fois dans les années 80. Malheureusement, cette technologie semble s'être éteinte avec l'abattoir de Saint-Félix-de-Valois, qui a fermé ses portes depuis ce temps.

Suite aux informations recueillies sur le Québec, une recherche a été réalisée à l'international afin de découvrir de nouvelles techniques de traitement des eaux usées et de nouvelles technologies propres. Cette dernière a permis de noter trois méthodes de traitement des effluents et quatre technologies propres qui proviennent de France, de l'Italie, du Royaume-Uni ou des Pays-Bas. Il a ensuite été question de discuter d'amélioration continue. Considérant le fait qu'aucun partage d'information n'est observable au Québec en matière de gestion des eaux, il a été établi que l'acquisition de connaissances à l'étranger était importante, mais que la recherche d'information à travers le Québec devenait également un outil essentiel à l'innovation. Ce faisant, la collaboration à travers l'industrie de l'abattage animal au Québec devient indispensable.

S'en suivent alors cinq recommandations découlant des quatre constats effectués précédemment. La première considère le dernier constat établi et le besoin d'amélioration continue de l'industrie. Celle-ci vise donc la création d'un pôle de communication à travers les abattoirs du Québec. Pour ce faire, il a été conseillé de procéder à la création du RAQIE, qui établirait un bureau-chef. Ce dernier serait responsable d'informer le secteur industriel sur les traitements d'eaux usées et les technologies propres. Ainsi, il se tiendrait à jour sur le développement des nouvelles technologies au Québec et à l'internationale. Pour remplir cette mission, une personne-ressource, formée en science et en environnement, agirait à titre de chargé de projet en environnement et en modernisation des usines d'abattage. Elle serait une référence pour tous les abattoirs et contribuerait aux projets de développement des entreprises. La deuxième recommandation a été formulée en considérant le premier constat. Celle-ci concerne la réalisation d'un répertoire informatisé des installations de traitement des eaux usées et des technologies propres utilisées dans les abattoirs du Québec. Cette tâche serait confiée au chargé de projet en environnement et en modernisation des usines d'abattage dans le but de lui permettre d'acquérir les connaissances nécessaires à l'accomplissement de ses fonctions. La confection de la base de données informatique permettrait au RAQIE ainsi qu'au MDDELCC de départager les établissements d'abattages selon le type de rejet qu'ils réalisent, de réunir l'ensemble des équipements utilisés pour le traitement des eaux usées ainsi que de dénombrer les mesures et installations mises en place comme technologies propres à travers l'industrie de l'abattage animal. La troisième recommandation a été inspirée du constat selon lequel peu de technologies propres sont répandues dans les abattoirs du Québec. Celui-ci conseille donc au RAQIE d'effectuer une évaluation économique, sociale et environnementale reliée à l'implantation de technologies propres dans l'industrie de l'abattage animal au Québec. Cette tâche serait accomplie par une équipe multidisciplinaire composée du chargé de projet en environnement et en modernisation des usines d'abattage ainsi que de deux personnes-ressources contractuelles formées respectivement en

économie et en ingénierie. Ce document permettrait au secteur industriel de prendre connaissance du grand potentiel que représente la réduction à la source des charges polluantes et de la consommation d'eau. Il serait également utile à l'obtention, par le MESI, d'un programme de subvention appuyant les efforts de modernisation des abattoirs. La quatrième recommandation a été pensée avec la précédente et vise la publication d'un guide pratique sur l'implantation de technologies propres dans les abattoirs. Cet outil de référence pour le secteur industriel fournirait une aide spécifique qui permettrait l'atteinte d'objectifs visant une réduction de la consommation d'eau et une diminution des charges polluantes des effluents dans les abattoirs du Québec. Sa rédaction serait confiée à l'équipe multidisciplinaire du RAQIE. La publication du guide contribuerait, en association avec le programme de subvention du MESI, à l'implantation des technologies propres dans les abattoirs. La cinquième et dernière recommandation a été proposée en considérant le constat sur le manque d'encadrement dans l'attribution des normes de rejets. Celle-ci vise ainsi la mise en place, par le MDDELCC, d'un règlement sur les rejets d'eaux usées pour les abattoirs. Sans retirer le système de « cas par cas », le règlement fournirait des règles spécifiques à suivre en fonction du type de rejet des établissements. Il dicterait aussi les obligations qui incombent aux acteurs responsables d'appliquer les normes de rejets. Cette dernière recommandation est toutefois conditionnelle à la réalisation de la deuxième recommandation portant sur le répertoire informatisé des installations de traitement des eaux usées et des technologies propres utilisées dans les abattoirs du Québec.

Finalement, au regard du travail accompli dans le cadre de cet essai, il ne fait aucun doute que l'industrie de l'abattage animal bénéficierait à considérer le partage de connaissances comme une priorité pour la gestion de ses eaux usées. Le potentiel d'amélioration continue est considérable d'un point de vue environnemental, social et surtout économique. Qui plus est, cela permettrait de maintenir nos abattoirs compétitifs dans un contexte de mondialisation et de développement durable. L'implantation de technologies propres représente l'avenir de ce secteur d'activité. Il ne tient qu'à lui d'accomplir les bons gestes.

RÉFÉRENCES

- Actu-Environnement. (2010). Traitement des boues en station d'épuration. Repéré à <https://www.actu-environnement.com/ae/dossiers/traitement-des-boues/traitement-boues-station-epuration.php4>
- Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). (2017). Manuel des méthodes de l'hygiène des viandes. Repéré à <http://www.inspection.gc.ca/aliments/produits-de-viande-et-de-volaille/manuel-des-methodes/fra/1300125426052/1300125482318>
- Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). (2016). Rechercher la liste des établissements de viande agréés par le gouvernement fédéral et leurs exploitants autorisés. Repéré à <http://www.inspection.gc.ca/active/scripts/meavia/reglist/reglist.asp?lang=f#>
- AQUA Corp. (s. d.). Principe des disques biologiques. Repéré à <http://www.aquacorp.fr/traitement-biologique-aerobie-biomasse-fixee-biodisque>
- Asselin, M. (2007). *Utilisation de l'électrocoagulation dans le traitement des eaux usées industrielles chargées en matière organique* (Mémoire de maîtrise). Université du Québec, Québec, Québec. Repéré à <http://espace.inrs.ca/437/1/T000436.pdf>
- Aubry, G. (2003). *Enlèvement de l'azote des eaux usées par un procédé à culture fixée immergée* (Essai de maîtrise). Université de Laval, Québec, Québec. Repéré à <http://theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/21279/21279.html>
- Axor Experts-Conseils. (2016). Conservation et recyclage de l'eau à l'usine d'abattage et de découpe de porcs d'Olymel à Saint-Esprit. *GPGC 2016 : Catégorie industrie*, 1-13.
- Banque du Canada. (s. d.). Feuille de calcul de l'inflation. Repéré à <https://www.banqueducanada.ca/taux/renseignements-complementaires/feuille-de-calcul-de-linflation/>
- Bernier, B. (2012). *Stations mécanisées*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/domestique/Chap7.pdf>
- Bureau d'Études Industrielle Énergie Renouvelables et Environnement (BEI ERE). (2015). Déphosphatation chimique. Repéré à <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/bei/beiere/content/2015/dephosphatation-chimique>
- Bureau d'Études Industrielle Énergie Renouvelables et Environnement (BEI ERE). (2013). Clarificateur. Repéré à <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/bei/beiere/content/clarificateur>
- Bureau d'Études Industrielle Énergie Renouvelables et Environnement (BEI ERE). (2009). Le processus d'épuration mis en jeu dans les zones humides naturelles. Repéré à <http://hmf.enseeiht.fr/travaux/CD0809/bei/beiere/groupe4/node/285.html>
- Campbell, N. A. et Reece, J. B. (2007). *Biologie* (3^e édition). Saint-Laurent, Québec : Éditions du nouveau pédagogique inc.
- Canler, J.P., Perret, J.M. et Choubert, J.M. (2012). Évaluation, optimisation et modélisation de filières de traitement : cas du procédé à cultures fixées fluidisées (MBBR). *Sciences Eaux & Territoires*, 2012 (09), 16-23. Repéré à <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00772830/document>
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). (2016). *Détermination de la demande chimique en oxygène : Méthode de reflux en système fermé suivi d'un dosage par colorimétrie avec le bichromate de potassium*. Québec, Québec : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).

- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). (2014). *Détermination de la demande biochimique en oxygène : Méthode électrométrique*. Québec, Québec : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).
- Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). (2011). *Détermination du phosphore total dans les effluents : digestion à l'autoclave avec persulfate, méthode colorimétrique automatisée*. Québec, Québec : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC).
- Centre d'expertise et de référence en santé publique (INSPQ). (2016). Turbidité. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/turbidite>
- Centre National d'Innovation pour le Développement durable et l'Environnement dans les Petites entreprises (CNIDEP) et Chambre de Métiers et de l'Artisanat (CMA). (s. d.a). Pré-traitement des graisses. Repéré à <http://www.cnidep.com/graisse57.html>
- Centre National d'Innovation pour le Développement durable et l'Environnement dans les Petites entreprises (CNIDEP) et Chambre de Métiers et de l'Artisanat (CMA). (s. d.b). Traitement des eaux de rinçage par flottation. Repéré à <http://www.cnidep.com/flottation153.html>
- Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer), Institut national de la recherche agronomique (INRA) et Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea). (2017). *Eutrophisation : Manifestation, causes, conséquences et prédictibilité*. Repéré à http://www.cnrs.fr/inee/communication/breves/docs/Eutrophisation_synthese.pdf
- Cepia, S. (2007). Collecter et traiter les graisses pour mieux épurer l'eau. *L'eau, l'industrie, les nuisances*, N° 303. Repéré à <http://www.purostar.fr/app/13,article%20collecte%20des%20boues%20revue...>
- Cerra, I., Desagnat, M., Dubart, R., Juven, L., Zhou, N. et Ziani, H. (2014). *Traitement des boues des stations d'épuration des petites collectivités*. Repéré à http://reseau-eau.educagri.fr/files/fichierRessource2_Rapport_bibliographique_traitement_boues.pdf
- Chevillon, P., Gault, E. et Lhommeau, T. (2010). Consommation d'eau et d'énergie en abattoir-découpe de porcs : caractérisation des situations actuelles dans 8 outils. *TechniPorc*, 33(2), 7-15. Repéré à <http://www.ifip.asso.fr/sites/default/files/pdf-documentations/tp2chevillon10.pdf>
- Collège de Shawinigan. (2014a). Les étapes de la digestion anaérobie. Repéré à <http://cyber.collegeshawinigan.qc.ca/aec-gestiondeseaux/digestion.html>
- Collège de Shawinigan. (2014b). Divers procédés de traitement secondaire d'affluent industriel. Repéré à http://cyber.collegeshawinigan.qc.ca/aec-gestiondeseaux/ts_industriel.html
- Commission économique pour l'Europe des Nations unies (CEE-ONU). (2015). *Produits à base de viandes de volaille : Y compris les préparations prêtes à cuire et les produits prêts à consommer*. Norme CEE-ONU ECE/CTCS/WP.7/2015/3. Genève, suisse : auteur.
- Communauté métropolitaine de Montréal (CMM). (2017). Règlementation sur l'assainissement des eaux. Repéré à <http://cmm.qc.ca/champs-intervention/environnement/programmes-et-reglements-en-environnement/reglementation-sur-l-assainissement-des-eaux/>
- Conseil canadien du porc (CCP) et Conseil national pour les soins aux animaux d'élevage (CNSAE). (2014). *Code de pratiques pour les soins et la manipulation des porcs*. Repéré à <http://www.nfacc.ca/codes-de-pratiques/porcs-code#section1>
- Desjardins, M.-A., Drouin, C., Desroches, J. et Barthélémy, S. (2016). La vision durable d'Olymel à Saint-Esprit. *Vecteur Environnement*, 49(4), 38-41.

- Delgado Zambrano, L. F. (2009). *Bioréacteur à membrane externe pour le traitement d'effluents contenant des médicaments anticancéreux : élimination et influence du cyclophosphamide et de ses principaux métabolites sur le procédé* (Thèse de doctorat). Université de Toulouse, Toulouse, France. Repéré à <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000816/01/delgado.pdf>
- Denicourt, M., Klopfenstein, C., Dufour, V. et Pouliot, F. (2009). *Développement d'une méthode d'euthanasie par électrocution acceptable pour les porcs en élevage et sécuritaire pour les travailleurs*. (Rapport final). Repéré à <http://www.cdpq.ca/getattachment/Recherche-et-developpement/Projets-de-recherche/Projet-150/Projet-150.pdf.aspx>
- Dutch Poultry Technology. (s. d.). Compressed air offal transport. Repéré à <https://www.dutch-poultry-tech.com/product/by-product-offal-handling/compressed-air-offal-transport/>
- El Ouali Lalami, A. Zanibou, A., Bekhti, K., Zerrouq, F. et Merzouki, M. (2014). Contrôle de la qualité microbiologique des eaux usées domestiques et industrielles de la ville de Fès au Maroc. *Journal of Materials and Environmental Science*, 5 (SI), 2325 – 2332. Repéré à http://www.jmaterenviromsci.com/Document/vol5/vol5_NS1/44-JMES-S1-LALAMI%2001.pdf
- Environnement et Changement climatique Canada. (2017). Phosphore et prolifération des algues. Repéré à <https://www.ec.gc.ca/grandslacs-greatlakes/default.asp?lang=Fr&n=6201FD24-1>
- Fédération des Industries Avicoles. (2010). *Guide de bonnes pratiques d'hygiène : Abattage et découpe des volailles maigres*. Paris, France : Les éditions des Journaux officiels.
- Friesen, R. (2014, 18 décembre). Chicken industry reaches long-delayed allocation agreement. *AlbertaFarmer Express*. Repéré à <https://www.albertafarmexpress.ca/2014/12/18/chicken-industry-reaches-long-delayed-allocation-agreement/>
- Geffroy, A.-G. et Cantin, Y. (2005). *Conduction thermique*. Repéré à https://perso.univ-rennes1.fr/manuel.buisson/web_Gef_Can.pdf
- Gouvernement du Canada. (2016). Symptômes de la listériose (Infection à listérias). Repéré à <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/listeriose/symptomes-listeriose.html>
- Gouvernement du Canada. (2012a). Fiche Technique Santé-Sécurité : Agents Pathogènes - *Staphylococcus aureus*. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/biosecurite-biosurete-laboratoire/fiches-techniques-sante-securite-agents-pathogenes-evaluation-risques/staphylococcus-aureus.html>
- Gouvernement du Canada. (2012b). Fiche Technique Santé-Sécurité : Agents pathogènes - *Pseudomonas spp.*. Repéré à <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/biosecurite-biosurete-laboratoire/fiches-techniques-sante-securite-agents-pathogenes-evaluation-risques/pseudomonas.html>
- Gouvernement du Québec. (2016). Salmonellose. Repéré à <http://sante.gouv.qc.ca/problemes-de-sante/salmonellose/>
- Guy, G. et Buckland, R. (2002). Production de plumes et de duvets. Dans Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) (dir.), *Production des oies* (p. 51-54). Rome, Italie : FAO.
- Herau, V., Loukiadis, E., Sandrin Gabriel-Robez, E., Kerouredan, M. et Brugere, H. (2007). Dangers microbiologiques potentiels liés aux effluents d'abattoirs. Dans G. Lavollée et B. Dufour (dir.), *14^{ème} congrès scientifique francophone* (p. 203-206). Paris, France : Institut national de la recherche agronomique (INRA) et Institut de l'Élevage.
- Herry, H. (2013). *Le secteur de l'abattage animal au Québec*. Repéré à https://www.agrireseau.net/documents/86334/le-secteur-de-l_abattage-au-quebec?r=Hervé&o=36&sort=8

- H2FLOW ÉQUIPMENT INC. (s. d.). *Flottation à air dissous : Une technologie de clarification fiable et efficace*. Repéré à http://www.h2flowdaf.com/french/uploads/downloads/FR_H2Flow%20DAF%20Brochure.pdf
- Hôpital de Montréal pour enfants. (2007). Infection à rotavirus chez les enfants. Repéré à <http://www.hopitalpourenfants.com/infos-sante/pathologies-et-maladies/infection-rotavirus-chez-les-enfants>
- Hôpital de Montréal pour enfants. (s. d.). Infections à la bactérie E. coli : ce que vous et votre famille devez savoir. Repéré à <http://www.hopitalpourenfants.com/infos-sante/pathologies-et-maladies/infections-la-bacterie-e-coli-ce-que-vous-et-votre-famille-devez>
- Institut national de la santé publique du Québec (INSPQ). (2003). Nitrates / Nitrites. Repéré à <https://www.inspq.qc.ca/eau-potable/nitrates>
- Larousse : dictionnaire encyclopédique*. (2017). Repéré à <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais-monolingue>
- Les Éleveurs de porcs du Québec. (2017). Les marchés du porc. Repéré à <http://www.leseleveursdeporcsduquebec.com/34-9-economie-du-porc-les-marches-du-porc.html>
- Le Vérificateur Général du Québec. (1996). Programme d'assainissement des eaux usées. Dans Le Vérificateur Général du Québec, *Rapport du Vérificateur général à l'Assemblée nationale pour l'année 1995-1996* (Tome II), Québec, Québec : Auteur.
- Loi sur la qualité de l'environnement*, L.R.Q., c. Q -2.
- Loi sur l'inspection des viandes*, L.R.C. 1985, c. 25.
- Loi sur les produits alimentaires*, RLRQ, c. P -29.
- Mabrouk, A. (2009). *Application de la nitrification dénitrification dans le traitement des eaux usées* (Mémoire de maîtrise). Université Chouaib Doukkali, El Jadida, Maroc. Repéré à <https://www.memoireonline.com/04/12/5798/Application-de-la-nitrification-denitrification-dans-le-traitement-des-eaux-usees.html>
- Marel Poultry. (2017). *Le monde de la transformation de volaille*. Repéré à <https://marel.com/Files/pdf/world-of-stork-poultry-fr.pdf?ind=poultry>
- Mecanova. (s. d.). Pig scalding. Repéré à <http://www.mecanova.es/en/slaughterhouses/pig-slaughterhouse/pig-scalding>
- Memento degremont de SUEZ. (s. d.). Repéré à <https://www.suezwaterhandbook.fr/index.php/procedes-et-technologies>
- Meyer, C. (2017). *Dictionnaire des Sciences Animales*. Repéré à <http://dico-sciences-animales.cirad.fr/liste-mots.php?fiche=28031&def=trocarts>
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). (2017a). Liste d'établissement sous permis. Repéré à <https://web.mapaq.gouv.qc.ca/bak/ListeEtablissements/index.cfm?CFID=347403&CFTOKEN=57816807&&>
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). (2017b). Permis d'abattoir et d'atelier de préparation de viandes et d'aliments carnés. Repéré à <http://www4.gouv.qc.ca/FR/Portail/Citoyens/programme-service/Pages/Info.aspx?sqctype=sujet&sqcid=1324>

- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). (2017c). Maladies animales transmissibles à l'humain. Repéré à <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Productions/santeanimale/maladies/transmissibleshumain/Pages/transmissibles.aspx>
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). (2016a). *Monographie de l'industrie porcine au Québec*. Repéré à https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/monographieporc_finale%282%29.pdf
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). (2016b). *Manuel des méthodes d'inspection des abattoirs*. Repéré à http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/publications/manueldesmethodes_inspectionabattoirs.pdf
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). (2015a). *Monographie de l'industrie du bœuf et du veau au Québec*. Repéré à <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/monographievealourd.pdf>
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). (2015b). *Description des abattoirs provinciaux de type A et de proximité*. Repéré à https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/MinisterePortail/Acces_information/Demandes_acces/2015/Octobre2015/2015-09-18-026_document.pdf
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). (2011). *Monographie de l'industrie de la volaille au Québec*. Repéré à <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/Volaille.pdf>
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). (2009). *Guide d'application de la Loi visant la régularisation et le développement d'abattoirs de proximité et modifiant la Loi sur les produits alimentaires*. Repéré à http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Publications/mapaq_guide_abattoirs_web_low.pdf
- Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la mer. (2005). *Document de référence sur les meilleures techniques disponibles : Abattoirs et équarrissage*. Repéré à http://ied.ineris.fr/sites/default/files/files/sa_bref_0505_VF_0.pdf
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2015). *Modèle de règlement relatif aux rejets dans les réseaux d'égout des municipalités du Québec : Document de justification*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/consultation/documents/justification.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2011). *Lignes directrices applicables à l'industrie agroalimentaire hors réseau*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/agroalimentaire-hors-reseau/lignes-directrices.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques (MDDELCC). (1995). 25 ans d'assainissement des eaux usées industrielles au Québec : Bilan. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/industrielles/index.htm>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (1988). Une industrie qui consomme beaucoup d'eau. Repéré à http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/programmes/tech_propres/fiche_4.htm
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (s. d.). Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées. Repéré à <http://rapportsurleau.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/ouvrages-municipaux/reglement2013.htm>

- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). (2011). *Lignes directrices applicables à l'industrie agroalimentaire hors réseau*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eaux-usees/agroalimentaire-hors-reseau/lignes-directrices.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). (1999). *Guide technique sectoriel de l'industrie de l'abattage animal*. Montréal, Québec : Service de l'assainissement des eaux.
- Ministère de la Santé et Services sociaux du Québec (MSSS). (s. d.). Que sont les entérocoques. Repéré à http://www.msss.gouv.qc.ca/sujets/prob_sante/nosocomiales/index.php?2-Que-sont-les-enterocoques
- Ministère de la santé et des soins de longue durée de l'Ontario. (2015). Maladies : Cryptosporidiose. Repéré à <http://www.health.gov.on.ca/fr/public/publications/disease/cryptosporidiosis.aspx>
- Ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF). (2006). *Le Québec, régions administratives* [document cartographique]. 1 : 200, Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles, ftp://ftp.mrnf.gouv.qc.ca/Public/Dgig/Produits/bdga5m/infographique/pdf/qbc_10m_ra.pdf (consulté le 8 septembre 2017)
- Mini Larousse : dictionnaire encyclopédique*. (2008). Paris, France : Larousse.
- Moinet, F. (2002). *Les produits fermiers : transformation et commercialisation* (1^{res} éditions). Paris, France : Éditions France Agricole.
- Morin, G. (2003). Abattage des porcs et qualités des carcasses et des viandes. *INRA Productions animales*, 16 (4), 251-262. Repéré à <http://prodinra.inra.fr/ft?id=AE9BA010-BB37-4F68-99F9-8763CD10F3DD>
- Nafarnda, W. D., Ajayi, I. E., Shawulu, J. C., Kawe, M. S., Omeiza, G. K., Sani, N. A., Tenuche, O. Z., Dantong, D. D. et Tags, S. Z. (2012). Bacteriological quality of abattoir effluents discharged into water bodies in Abuja, Nigeria. *ISRN Veterinary Science*, 2012. Repéré à <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3658817/pdf/ISRN.VS2012-515689.pdf>
- Olivier, M. (2015). *Chimie de l'environnement : Monographie complète d'un cahier d'apprentissage électronique*. Longueuil, Québec : Lab Éditions.
- Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2017). Hépatite E. Repéré à <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs280/fr/>
- Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). (2014). Processus d'abattage. Repéré à http://www.fao.org/ag/againfo/themes/fr/meat/slaugh_process.html
- Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). (2006). *Manuel des bonnes pratiques pour l'industrie de la viande*. Repéré à <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/y5454f/y5454f.pdf>
- Pajon, N. (2011). Les nitrates et leur impact sur l'organisme humain. Repéré à <http://eduterre.ens-lyon.fr/thematiques/hydro/eausante/nit-sante/impacts-humains>
- Peiffer, G. (2002). *Impact environnemental des effluents d'abattoirs : actualités techniques et réglementaires* (Thèse de doctorat). Université Paul-Sabatier de Toulouse, Toulouse, France. Repéré à http://oatao.univ-toulouse.fr/912/1/picco_912.pdf
- Planetoscope. (s. d.). Consommation mondiale de viande. Repéré à <https://www.planetoscope.com/elevage-viande/1235-consommation-mondiale-de-viande.html>
- Poulin, G. (2009). Mise à jour de la station d'épuration de Sainte-Julie : Implantation d'un procédé innovant scandinave. *Vecteur environnement*, 42 (4), 40-41. Repéré à

<http://www.veoliawatertechnologies.ca/vwst-northamerica/ressources/documents/2/51485-VECTEUR-Exploitant-Sept-2009-FINAL.pdf>

Premier Tech. (2016). *Ecoprocess SBR : Réacteur biologique séquentiel*. Repéré à http://www.premiertechaqua.com/media/9812/ecoprocesssbr_fr.pdf

Premier Tech. (2011). *Ecoprocess MBR : Bioréacteur à membrane*. Repéré à http://www.premiertechaqua.com/media/7429/EcoprocessMBR_FR.pdf

PUROSTAR France. (2009). Présentation du Flottateur PUROSTAR. Repéré à <http://www.purostar.fr/flottateur+purostar-23.html>

Recyconsult. (2010). L'encyclopédie de l'environnement. Repéré à http://www.dictionnaire-environnement.com/dico_env.php

Règlement de 1990 sur l'inspection des viandes, DORS/90-288

Règlement sur les aliments, RLRQ, c. P -29, r. 1.

Règlement sur les ouvrages municipaux d'assainissement des eaux usées, c. Q -2, r. 34,1.

Reounodji, A. (2016). *Évaluation de la gestion des eaux usées de l'abattoir d'Etoudi : Impacts environnementaux et sociaux* (Mémoire de maîtrise). Université de Yaoundé I, Yaoundé, Cameroun. Repéré à http://trow.cm/images/Memoires/Environnement/tmp_16105-Memoire-Reounodji-Alexandre1089905062.pdf

Ricklefs, R. E. et Miller, G. L. (2005). *Écologie* (4^e édition). Bruxelles, Belgique : De Boeck.

RDV France. (s. d.). Aspirateur industriel triphase 7.5kw TS1000 Delfin. Repéré à https://www.rdvfrance.fr/aspirateur-aspirateur-industriel-triphas-7-5kw-ts1000-_r_34_i_28.html

Saizonou, M., Yehouenou, B., Bankolé, H. S., Jossé, R. G. et Soclo, H. (2010). Impacts des déchets de l'Abattoir de Cotonou dans la dégradation de la qualité des eaux de la nappe phréatique. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 030, 79 – 91.

Santé Canada. (2012). *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique – Les protozoaires entériques : Giardia et Cryptosporidium*. Repéré à https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/migration/hc-sc/ewh-semt/alt_formats/pdf/pubs/water-eau/protozoa/protozoa-fra.pdf

Seyhi, B., Droguil, P., Buelna, G., Blais, J.-F. et Heran, M. (2011). État actuel des connaissances des procédées de bioréacteur à membrane pour le traitement et la réutilisation des eaux usées industrielles et urbaines. *Revue des sciences de l'eau*, 24(3), 283-310. Repéré à <https://www.erudit.org/fr/revues/rseau/2011-v24-n3-rseau5004724/1006478ar/>

Schneider, V. (2014). *Étude sur l'optimisation du process de déphosphatation physico-chimique de l'UDEP Nautil'Usses d'Allonzier-la-Caille : Mise en place d'indicateurs de suivi et régulation de l'injection en réactif* (Essai de Maîtrise). Université de Lorraine, Nancy, France. Repéré à http://docnum.univ-lorraine.fr/public/BUS_M_2014_SCHNEIDER_VALERIE.pdf

Suez-environnement et Degremont. (s. d.). L'épaississement des boues. Repéré à <http://www.degremont.fr/fr/savoir-faire/eaux-municipales/traitement-des-boues/epaississement-et-deshydratation/procedes/>

Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology. (2014). Repéré à <https://www.sswm.info/category/step-rrr-business-development/module-2-sector-inputs/technological-options/technological-14>

- Truc, A. (2007). Traitements tertiaires des effluents industriels. *Technologies de l'eau, Internet ti860*, 79-82. Repéré à <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/gestion-de-l-eau-par-les-industriels-42447210/traitements-tertiaires-des-effluents-industriels-g1310/>
- VALBIO. (2017). MÉTHACORE : Traitement des effluents liquides (brevet international). Repéré à http://www.valbio.com/fr/Technologies/Methacore/id_41
- Vandermeersch, S. (2006). *Étude comparative de l'efficacité des traitements d'épuration des eaux usées pour l'élimination des microorganismes pathogènes* (Mémoire de maîtrise). Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, Belgique. Repéré à http://mem-envi.ulb.ac.be/Memoires_en_pdf/MFE_05_06/MFE_Vandermeersch_05_06.pdf
- Veolia Water Technology. (2017). *Traitement des eaux de procédé et des eaux usées pour l'industrie agroalimentaire*. Repéré à <http://www.veoliawatertechnologies.ca/vwst-northamerica/ressources/files/2/50998-Agroalimentaire-F-B-NA-8PG.pdf>
- Veolia Water Technologies. (2014). *Anoxkaldnes MBBR : Biological Treatment of Wastewater*. Repéré à <http://technomaps.veoliawatertechnologies.com/processes/lib/pdfs/productbrochures/anox/1695,MBR-Brochure-FINAL-2015.pdf>
- Vignes, E. (2007). *Étude de modélisation dynamique d'un procédé par biofiltration en nitrification tertiaire* (Thèse de doctorat). Université de Laval, Québec, Québec. Repéré à <http://archimede.bibl.ulaval.ca/archimede/fichiers/24963/ch03.html#d0e3814>
- Ville de Saint-Jean-sur-Richelieu. (2011). Les étapes du traitement des eaux usées. Repéré à <http://www.ville.saint-jean-sur-richelieu.qc.ca/eaux-usees/Pages/etapes-epuration.aspx>

BIBLIOGRAPHIE

- Astier-Tissot, R., Beffaral, M., Court, E., Enjalbal, D., Juillet, V., Lapasin, C., Le Baron, A., Minet, E., Perennou, H., Pomarat, C., Riviere, D., Texier, B. et Tournie, S. (2013). *Gestion des effluents des industries agroalimentaires & contribution au respect du bon état des eaux*. Repéré à <http://docplayer.fr/28187282-Gestion-des-effluents-des-industries-agroalimentaires-contribution-au-respect-du-bon-etat-des-eaux.html>
- Chennaoui, M., Mountadar, M. et Assobhei, O. (2006). Rejets d'abattoir : caractérisation et étude d'impact sur le milieu marin récepteur. *Déchets, Sciences & Techniques*, 43, 27-30.
- Guevremont, J. (1988). *Analyse de l'efficacité du programme d'assainissement de l'eau de la PME : Le cas des entreprises d'abattage du bassin de la Yamaska* (Mémoire de maîtrise). Université du Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Québec. Repéré à <http://depote.uqtr.ca/5752/1/000572495.pdf>
- Ide, A., Heil, B. et Chaussee D. (2002). Traitement des effluents d'abattoir : Les différents procédés d'épuration. Repéré à <https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html?id=546b69e6d11b8b22428b4660&assetKey=AS%3A273636458467332%401442251423317>
- Ministère de l'agriculture et de la pêche. (1994). *La décantation lamellaire*. Lyon, France : CIFAR.
- Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) (1994). *Abattage, découpe de la viande et traitement ultérieur*. Rome, Italie : FAO.
- Perras, J. (1984). *Critères de faisabilité pour le traitement biologique du mélange des eaux usées municipales et industrielles* (Mémoire de maîtrise, Université du Québec, Québec, Québec). Repéré à <http://espace.inrs.ca/1917/1/T000072.pdf>
- Règlement numéro 2008-47 sur l'assainissement des eaux*

**ANNEXE 1 – LISTE DES RESSOURCES PRIMAIRES CONSULTÉES ET UTILISÉES EN RÉFÉRENCE
DANS LE CADRE DE CET ESSAI**

Prénom, Nom	Lieu de travail	Fonction
Beaudoin, Simon	Montpak, abattoir de bovin	Chef de maintenance à l'usine de Saint-Germain-de-Grantham
Bernard, Katie	Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) Bureau régional de St-Hyacinthe / Direction régionale des opérations	Officier Vétérinaire Régional
Brochu, Danielle	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) Sous-ministériat à la santé animale et à l'inspection des aliments (SMSAIA)	Conseillère aux services des permis
Desjardins, Marc-André	Axor Experts-Conseils	Vice-président de la division environnement
Desroches, Julie	Olymel, abattoir de porc et de volaille	Directeur Environnement Corporatif
Dubois, Sylvain	Exceldor, abattoir de volaille	Directeur de l'usine de Saint-Anselme
Laperrière, Jean	Warnock Hersey Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) Norsk Hydro Canada inc. École Polytechnique de Montréal (Génie chimique), Université du Québec à Montréal (département de physique et chimie), Université du Québec à Chicoutimi (Département de chimie), Université du Québec à Trois-Rivières (département de chimie-biologie et industriel), Université de Sherbrooke, CUFE (ENV 788 <i>Prévention et traitement de la pollution</i>)	Ingénieur en environnement de 1973 à 1975 Ingénieur chargé de projets de 1975 à 1989 Chef du Service environnement de 1989 à 2010 Chargé de cours de 1978 à aujourd'hui
Martel, Bernard	Ferme des Voltigeurs, abattoir de volaille	Directeur élevage / R & D
Pinsonneault, Yvan	F. Ménard inc., abattoir de porc	Directeur des opérations et responsable à l'environnement

Prénom, Nom	Lieu de travail	Fonction
Poirier, Micheline	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) Direction générale des politiques de l'eau / Direction des eaux usées	Chargée de projets en agroalimentaire À la retraite
Roy, Patrick	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) Direction régionale de l'Estrie et de la Montérégie	Coordonnateur du Service agricole et industriel
Tremblay, Michel Éric	Exceldor, abattoir de volaille	Chef de maintenance de l'usine de Saint-Damase
Villeneuve, Martin	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) Direction générale des politiques de l'eau / Direction des eaux usées	Chargé de projets en agroalimentaire

Pour des raisons de confidentialité, seules les personnes ayant accepté d'apparaître dans cet essai sont indiquées. Ainsi, d'autres ressources primaires ont contribué à la rédaction, mais ne sont pas indiquées dans le tableau ci-dessus.

ANNEXE 2 – LISTE DES RESSOURCES PRIMAIRES QUI ONT ÉTÉ CONSULTÉES LORS DES RECHERCHES DE CET ESSAI

Prénom, Nom	Lieu de travail	Fonction
Bergeron, Marie-Claude	Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA)	Inspecteur en chef, opération Québec
Cousineau, Julie	Environnement et Changement climatique Canada Direction des services de l'application de la loi (DSAL) / Direction générale de l'application de la loi (DGAL)	Analyste réglementaire
Jacques, Guillaume	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) Direction régionale de la Capitale-Nationale	Coordonnateur du Service agricole et industriel
Laflamme, Jean-Patrick	Association des abattoirs avicoles du Québec (AAAQ) Conseil de la transformation alimentaire du Québec (CTAQ)	Secrétaire général Vice-Président, Affaires publiques et Environnement
Latreille, Alain	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) Direction régionale de Lanaudière	Coordonnateur à l'analyse
Ouellet, Guy	Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA)	Inspecteur en chef régional, région de Québec
Proteau, Sébastien	Avicomax, abattoir de volaille	Superviseur de maintenance
N/A	Agence de l'eau Rhin-Meuse	N/A
N/A	Fédération des producteurs de porcs du Québec	N/A
N/A	Les Producteurs de bovins du Québec	N/A
N/A	Union des producteurs agricoles (UPA)	N/A

Pour des raisons de confidentialité, seules les personnes ayant accepté d'apparaître dans cet essai sont indiquées. Ainsi, d'autres ressources primaires ont contribué à la rédaction, mais ne sont pas indiquées dans le tableau ci-dessus.